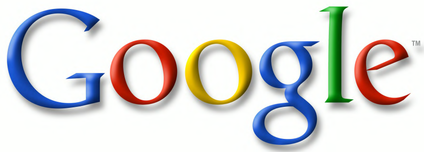

Google


UC-NRLF
$B 24 093

BIDRAG TILL

KÄNNEDOMEN OM MAGNETITENS MAGNETISKA OCH ELEKTRISKA EGENSKAPER

AKADEMISK AFHANDLING

AF

BIRGER ERIKSSON



UPPSALA 1907
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BIDRAG TILL

KÄNNEDOMEN OM MAGNETITENS MAGNETISKA OCH ELEKTRISKA EGENSKAPER

AKADEMISK AFHANDLING

SOM MED TILLSTÅND AF

FILOSOFISKA FAKULTETENS I UPPSALA

MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA SEKTION

FÖR VINNANDE AF FILOSOFISK DOKTORSGRAD

TILL OFFENTLIG GRANSKNING FRAMSTÄLLES

Å FYSISKA LÄROSALEN

LÖRDAGEN DEN 11 MAJ 1907 KL. 10 F. M.

AF

BIRGER ERIKSSON
FILOSOFIE LICENTIAT AF SMÅLANDS NATION



UPPSALA 1907
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

uP.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

I. Inledning.

Öfver magnetitens fysikaliska egenskaper föreligga sedan gammalt talrika undersökningar. De egenskaper, som i föreliggande arbete närmast skola behandlas, äro de *magnetiska*, speciellt *temperaturens inflytande* på desamma, de *termoelektromotoriska* samt den *elektriska ledningsförmågan*.

Magnetitens förmåga att attrahera vissa ämnen kände man till redan från äldsta tider. Också hafva dess magnetiska egenskaper gjorts till föremål för undersökning af många forskare. I raden af dessa märkas: P. Erman[1], M. Delesse[2, 3], C. B. Greiss[4], A. L. Holz[5], A. Pacinotti[6], A. Andreae och W. König[7], E. Du Bois[8], A. Abt[9, 11, 15], E. Barton och W. Williams[10], P. Curie[12], P. Weiss[13], F. Pockels[14], F. Rinne[16].

Holz jämförde magnetit med glashårdt stål och fann, att den temporära magnetismen var mindre hos magnetit än hos stål, den permanenta däremot större. Han fann det oaktadt, att denna lättare afmagnetiseras, d. v. s. att koercitivfältet hos magnetit är mindre än hos glashårdt stål.

---

[1] P. Erman, Pogg. Ann. 23, s. 493, 1831.
[2] M. Delesse, Ann. d. ch. et d. ph. 25, s. 194, 1849.
[3] M. Delesse, Ann. d. ch. et d. ph. 26, s. 148, 1849.
[4] C. B. Greiss, Pogg. Ann. 98, s. 478, 1856.
[5] A. L. Holz, Wied. Ann. 5, s. 169, 1878.
[6] A. Pacinotti, N. Cim. (3) 16, s. 275, 1885.
[7] A. Andreae und W. König, Sep. a. d. Abhandl. d. Senckenbergischen naturf. Ges., Frankfurt a. M. 1888.
[8] E. Du Bois, Phil. Mag. (5) 29, s. 293, 1890.
[9] A. Abt, Wied. Ann. 45, s. 80, 1892.
[10] E. Barton and W. Williams, Rep. of Brit. Assoc., Edinburgh 1892, s. 657.
[11] A. Abt, Wied. Ann. 52, s. 749, 1894.
[12] P. Curie, Comptes rendus 118, s. 1134, 1894.
[13] P. Weiss, L'éclairage électrique 7, s. 487, 1896.
[14] F. Pockels, Wied. Ann. 63, s. 195, 1897.
[15] A. Abt, Wied. Ann. 66, s. 116, 1898.
[16] F. Rinne, Centralblatt für Mineral. etc., Stuttgart 1902, s. 294.

Till kvalitativt samma, men kvantitativt afvikande resultat kom ABT vid sina undersökningar öfver ungersk magnetit från Moravicza.

GREISS liksom senare PACINOTTI funno en afgjord skillnad mellan kristalliserad och kristalliniskt kornig magnetit. Den förra visade samma egenskaper som mjukt järn, den senare däremot samma som stål.

De första absoluta mätningarne på magnetit gjordes af DU BOIS. Han bestämde magnetiseringskurvans utseende och fann, att magnetismen, som hastigt växer med den magnetiserande kraften, når sitt maximum, 350 C. G. S., vid en magnetiserande kraft af ungefär 1500 C. G. S.

WEISS, som undersökte reguljära magnetitkristaller, påvisade, att dessa i magnetiskt afseende ej äro isotropa. Magnetiseringskurvorna äro nämligen olika i olika kristallriktningar och likna kurvorna för mjukt järn. WEISS undersökte äfven den magnetiska hysteresen och fann, att äfven vid cyklisk magnetisering öfverstämmelse äger rum mellan magnetitkristaller och mjukt järn.

Som man finner vid genomgåendet af litteraturen öfver magnetitens magnetiska egenskaper, äro de bestämningar, som afse uppmätningen af de magnetiska storheternas absoluta belopp, ytterst fåtaliga. Jag vill därför, innan jag öfvergår till behandlingen af dessa egenskapers förändring med temperaturen, i största korthet anföra en bestämning i denna riktning, som jag under hösten 1902 och våren 1903 utfört.

De till mitt förfogande då stående profven utgjordes af en ganska stor samling järnmalmer från de lappländska grufvorna Kiirunavaara och Luossavaara[1], de flesta magnetit, ren eller uppblandad med föroreningar, samt några hematiter och en porfyr. De magnetiska konstanterna bestämdes vid ett magnetiserande fält af 70,9 C. G. S. Profven utgjordes af borrkärnor, som tyvärr förelågo i ett mycket ofördelaktigt dimensionsförhållande. Den enda metod, som därför lämpade sig att använda vid undersökningen, var HOPKINSONS[2]

[1] Profven tillhöra Aktiebolaget Kiirunavaara—Luossavaara och ställdes vänligast till Fysiska Institutionens förfogande af Disponent HJ. LUNDBOHM genom D:r CARLHEIM-GYLLENSKIÖLD.

[2] J. HOPKINSON, Phil. Trans. 176, s. 455, 1885.

Tabell 1.

$F_1 = 70{,}9$.

Prof. N:o	J	R	C	$\varkappa$	μ	Djup från dagern i m.	Beskaffenhet
9	129	40,7	15,6	1,82	23,8	9,84	Magnetit. 68,9 % Fe.
42	109	32,6	15,0	1,54	20,4	c:a 41,5	
40	91,8	24,8	15,6	1,29	17,3	„ 25,5	
6	73,2	24,1	15,6	1,03	14,0	102,80	Magnetit, oren, m. apatit.
5	106	38,6	16,4	1,50	19,8	102,05	Magnetit, oren, m. apatit. 61,1 % Fe.
32	65,2	16,5	16,0	0,92	12,6	43,88	Magnetit. 63,2 % Fe.
33	61,1	18,5	18,4	0,86	11,8	52,04	„ 65,9 % Fe.
49	53,4	10,0	12,4	0,75	10,5	29,0	
41	43,0	8,3	13,1	0,61	8,62	c:a 31,0	
38	66,4	15,5	13,2	0,94	12,8	„ 11,0	
27	42,1	11,7	14,6	0,59	8,46	27,81	Hematitblandad magn.
22	38,6	8,0	13,3	0,54	7,84	51,32	Magnetit, oren.
25	40,1	9,0	14,4	0,57	8,11	18,95	„ „
12	36,1	5,7	10,0	0,51	7,40	52,60	Magnetit. 67,1 % Fe.
28	35,4	8,1	15,0	0,50	7,27	30,16	Hematitblandad mag-
43	33,1	7,1	13,3	0,47	6,87	c:a 55,0	netit. 60,0 % Fe.
14	32,4	7,2	14,6	0,46	6,74	69,45	Magnetit. 69,1 % Fe.
11	30,9	4,0	9,2	0,44	6,48	26,97	„
37	27,0	3,0	9,4	0,38	5,79	c:a 4,8	
50	25,7	3,4	9,6	0,36	5,56	38,5	
39	22,5	2,5	8,2	0,32	4,99	c:a 17,25	69,0 % Fe.
34	17,4	2,1	8,2	0,25	4,08	52,74	Magnetit.
45	14,2	2,4	10,2	0,20	3,52	66,65	
16	4,9	0,5	7,4	0,07	1,87	91,81	Porfyr ur liggväggen.
23	4,4	0,4	6,0	0,06	1,77	67,31	Hematit.
29	4,3	0,02	0,4	0,06	1,77	33,02	Hematitblandad magn.
31	3,7	0,2	4,2	0,05	1,65	36,33	„ „
30	3,3	0,2	5,0	0,05	1,58	35,29	„ „
24	2,8	0,2	3,5	0,04	1,50	67,48	Hematit. 66,7 % Fe.

s. k. "Schlussjochmetode". I tabell 1 äro resultaten angifna. De använda beteckningarna hafva följande betydelse:
J = magnetiseringsintensiteten i C. G. S.-enheter.
R = remanenta magnetismen " "
C = koercitivfältet " "
$\varkappa$ = magnetiseringskoefficienten
μ = permeabiliteten
F_1 = det inre magnetiserande fältet " "

Öfver *temperaturens inflytande* på *magnetismen* hos magnetit föreligga mycket få undersökningar.

Erman[1] fann, att magnetit genom upphettning förlorar mindre af sin magnetiska kraft än strukna stålstafvar. Han undersökte prismatiska stafvar och kom till det resultatet, att den magnetiska kraften aftog något för stigande temperatur, hvilket framgår af tabell 2, där han antagit den magnetiska kraften vid 0° lika med 1.

Tabell 2.

Temp.	Kraft
166,4°	0,886
182,3	0,880
230,6	0,864
245,2	0,852

Barton och Williams[1] undersökte den temporära magnetismens variationer med temperaturen. De bestämde temperaturens inflytande på magnetiseringsintensiteten vid en fältstyrka, som var lika med 3,4 C. G. S., då profvet var, såsom de uttryckte det, kallt. Temperaturen uppmättes med ett termoelement af platina och osmium-iridium. Resultatet gaf vid handen, att susceptibiliteten växer med temperaturen samt når ett maximum vid 325°, hvarefter den aftager och blir lika med noll vid en temperatur af 557°.

Curie[1] bestämde den magnetiska omvandlingspunkten och fann den ligga omkring 535°. Vid temperaturer från 550° till 1370° är

[1] loc. cit.

magnetiseringskoefficienten oberoende af det magnetiserande fältet. Den aftar reguljärt och mycket hastigt med temperaturen.

På senare åren har RINNE[1] undersökt den temporära magnetismens variationer med temperaturen hos pulvriserad magnetit. Upphettningen skedde på två olika sätt: 1) glasröret, som inneslöt magnetitpulvret, infördes i ett urborradt båglampskol, hvarpå en elektrisk ström skickades genom detta; 2) genom en platinatråd, dragen genom nyssnämnda glasrör, sändes en elektrisk ström, som upphettade pulvret.

Som mått på temperaturen satte RINNE kvadraten på upphettningsströmmens styrka. Han fann, att magnetiseringen stiger med temperaturen till ett maximum samt sjunker därpå hastigt till noll vid en temperatur, som på grund af glödfärgens utseende skattades till 575°. Vid afsvalningen erhålles ej samma kurva, hvilket visar, att pulvret genom upphettningen undergått permanenta förändringar. Dessa bero enligt RINNE därpå, att en del af magnetitpulvret genom oxidation öfvergått i järnoxid.

Mot RINNES sätt att upphetta kan den invändningen göras, att det ej är säkert, att temperaturen blef likformigt fördelad hos magnetitpulvret. Betänkligare är emellertid hans sätt att beräkna temperaturen. Kvadraten på upphettningsströmmen är ingalunda proportionell mot pulvrets temperatur. Tydligen är också den magnetiska omvandlingspunkten i högsta grad osäker. Ej heller anger RINNE det magnetiserande fältets styrka.

Såsom framgår af ofvanstående undersökningar öfver temperaturvariationerna för magnetismen hos magnetit, är osäkerheten i den magnetiska omvandlingspunktens läge mycket stor. Ej heller finnas några undersökningar gjorda öfver temperaturens inflytande på remanenta magnetismen och koercitivfältet. Någon bestämning öfver magnetismens ändringar med temperaturen vid olika magnetiserande fält har jag ej heller kunnat finna. De af RINNE funna permanenta förändringarne äro också mycket ofullständigt undersökta. Man vet ej, när dessa först inträda, samt öfverhufvudtaget ej, om och hur de variera med upphettningen. Dessa frågor har jag i föreliggande undersökning bland andra gjort till min uppgift att försöka besvara.

[1] loc. cit.

Öfver *termoelektromotoriska kraftens* storlek hos magnetit förefinnas ej några kvantitativa bestämningar. T. J. SEEBECK[1], HANKEL[2], och W. FLIGHT[3] hafva undersökt en massa mineral, däribland äfven magnetit, och ordnat dem i en spänningskedja. Någon undersökning af den termoelektromotoriska kraftens storlek i absolut mått har jag däremot ej kunnat finna.

Den *elektriska ledningsförmågan* hos magnetit har varit föremål för undersökningar af TH. DU MONCEL,[4] S. P. THOMPSON,[5] H. BÄCKSTRÖM[6] och A. ABT.[7]

THOMPSON undersökte motståndet i prismatiska stafvar af magnetit samt dess variationer med temperaturen. Han fann, att motståndet minskades vid stigande temperatur.

BÄCKSTRÖM bestämde ledningsmotståndet i två stafvar af kristalliserad magnetit (0,75 cm. längd och 0,5 mm.^{2} tvärsnitt), af hvilka den ena var parallell med kubens ena kant och den andra med dess diagonal. Motståndet aftog svagt vid stigande temperatur, och vid 40° hade en staf af 1 cm. längd och 1 mm.^{2} tvärsnitt ett motstånd af 0,5162 ohm för den förra stafven samt 0,5169 ohm för den senare.

ABT bestämde ledningsmotståndet hos magnetit från Moravicza. Exemplar från samma fyndort med ungefär samma järnhalt visade oerhörd skillnad i ledningsförmågan, antagligen beroende på ingående fina skikt af kiselsyra. I ett prof fann han motståndet i en staf af 1 cm. längd och 1 cm.^{2} tvärsnitt lika med 9,2 ohm och motståndet i en annan likadan staf lika med 4900 ohm.

Mot ABTS metod kan göras den anmärkningen, att i hans värden på ledningsmotståndet ingår ett öfvergångsmotstånd mellan malmen och de blyplattor, som hårdt pressades mot malmändarne, och som användes för tilledning af den elektriska strömmen. För öfrigt är ju ej uteslutet, att det starka tryck, som malmerna utsattes för, möjligen kunde ändra ledningsförmågan.

---

[1] T. J. SEEBECK, Pogg. Ann. 6, s. 133, 1826.

[2] HANKEL, Pogg. Ann. 62, s. 197, 1844.

[3] W. FLIGHT, Phil. Mag. (4) 30, s. 337, 1865.

[4] TH. DU MONCEL, Ann. d. ch. et el. ph. 10, s. 459, 1877.

[5] S. P. THOMPSON, Lum. électr. 22, s. 621, 1886.

[6] H. BÄCKSTRÖM, Öf. af Kongl Vet. Ac. Förh. 1888, N:o 8, 533.

[7] A. ABT, Wied. Ann. 62, s. 474, 1897,

Som ett bidrag till kännedomen om magnetitens fysikaliska egenskaper har jag därför bestämt den termoelektromotoriska kraften mellan magnetit och koppar för några magnetitprof. Slutligen har jag gjort bestämningar öfver det elektriska ledningsmotståndet, därtill äfven föranledd af en önskan att kunna kontrollera de använda profvens homogenitet.

Det material, som användts vid mina undersökningar öfver temperaturens inflytande på den temporära magnetismen, termoelektromotoriska kraften samt elektriska ledningsmotståndet hos magnetit, utgjordes af prismatiska stafvar, utsågade ur malmstuffer af preparatorn vid härvarande Mineralogisk-Geologiska institution A. R. Andersson. Endast sådana malmprof undersöktes, som vid en mikroskopisk undersökning visade sig vara rena eller åtminstone homogent uppblandade med föroreningar. Deras järnhalt bestämdes genom kvantitativ analys på bitar, som uttagits ur stuffen omedelbart intill profvet. Analysresultatet återfinnes i afdelningen *Tabeller* i slutet af afhandlingen. Magnetiterna voro från olika svenska fyndorter: 3 från Dannemora, 1 från Gellivara, 1 från Grängesberg samt 3 från Norberg och utvalda med hänsyn till önskvärdheten af att erhålla prof af olika kornstorlek och struktur. De med *N:o 1 Norberg* och *N:o 3 Norberg* betecknade voro tagna ur samma malmstycke bredvid hvarandra. Malmstafvarnes konstanter framgå af nedanstående tabell.

Tabell 3.

Staf	Längd i cm.	Tvärsnitt i cm.^{2}	Volym i cm.^{3}	Spec. vikt.
N:o 1 Dannemora	4,66	0,0359	0,1671	4,975
N:o 2 Dannemora	4,65	0,0375	0,1744	5,083
N:o 3 Dannemora	4,64	0,0351	0,1628	4,966
Gellivara	4,65	0,0371	0,1725	5,134
Grängesberg	4,26	0,0483	0,2059	5,000
N:o 1 Norberg	3,85	0,0406	0,1562	4,274
N:o 2 Norberg	4,24	0,0468	0,1984	4,270
N:o 3 Norberg	4,17	0,0480	0,2001	4,304

Min undersökning är utförd på Upsala Universitets Fysiska Institution under året 1906, och är det för mig en kär plikt att till Institutionens Prefekt, Herr Professor K. Ångström, frambära ett varmt och vördsamt tack såväl för uppslaget till det hela och för de många värdefulla råd och anvisningar, han under arbetets gång gifvit mig, som ock för den beredvillighet, hvarmed han ställt nödiga apparater och instrument till mitt förfogande. På samma gång ber jag att till Herr Professor G. Granqvist få uttala ett uppriktigt tack för det välvilliga intresse, hvarmed han städse följt mitt arbete och för de goda råd, som jag af honom haft glädjen få mottaga.

II. **Temperaturens inflytande på den temporära magnetismen.**

Då det gäller att bestämma de magnetiska konstanterna, har man att välja mellan två olika metoder: den ballistiska och den magnetometriska. Af flere skäl bestämde jag mig för den senare. Den är enklare och, hvad speciellt bestämningen af koercitivfältet beträffar, vida bekvämare och mera exakt. Därtill kommer, att de magnetiska egenskaperna skulle undersökas vid olika och intill så höga temperaturer som 560°. Med en ballistisk metod hade därför svårigheter uppstått med placerandet af den sekundära rullen, svårigheter, som fullständigt bortfalla vid en magnetometrisk metod. Dessutom voro, såsom framgår af tabell 3, profvens tvärsnitt och dimensioner i öfrigt mycket små (detta med tanke på att upphettningen skulle ske hastigt och likformigt), hvadan en ballistisk metod med säkerhet ej lämnat så tillförlitliga värden som en magnetometrisk.

1. **Den experimentella anordningen.**

A. **Magnetiseringsanordningen.** (*Pl. I, Fig. 1a.*)

Magnetiseringen af stafvarne verkställdes med en magnetiseringsrulle R_1. Profven, inbäddade i magnesiumoxid för att så vidt möjligt undvika oxidation, inneslötos i en platinakapsel, tillsluten i den öppna ändan med en kritpropp, och infördes i rullens axel. Genom en enkel anordning framsköts stafven så långt, att dess midtpunkt sammanföll med magnetiseringsrullens.

Rullen R_1 utgjordes af en mässingsstomme, på hvilken isolerad ledningstråd var upprullad. Stommen, som var ett kylrör, genom

hvilket en vattenström fick passera, hade följande dimensioner: ändplattornas diameter 6,45 cm., tjocklek 0,75 cm., spolens längd mellan ändplattorna 15,9 cm., inre diameter 2,5 cm., yttre diameter 3,78 cm. Den bomullsomspunna ledningstråden, hvars diameter med och utan isolering var 1,52 och 1,37 mm., lindades i 6 lager, och antalet hvarf i hvarje lager angifves af tabell 4.

Tabell 4.

Lager	Hvarf
1	102
2	101¾
3	100¼
4	100¾
5	100¾
6	100¾

För uppmätning af de magnetiska konstanterna användes, såsom jag redan förut nämnt, en magnetometer. Den bestod af en liten magnetnål *N*, upphängd i en kvartstråd, som upptill genom en enkel anordning var vridbar omkring sin axel. Denna vridning kunde med en index afläsas på en cirkelrund skala. Ekipaget utgjordes af, förutom magnetnålen, ett tunt glimmerblad för dämpning af nålens rörelser samt en spegel för afläsning af dess vridningar. Denna afläsning gjordes med kikare och skala.

Rullen R_1 var uppställd rakt väster om magnetnålens midtpunkt. För att kompensera dess verkan på magnetnålen placerades en annan rulle R_2 rakt öster om samma midtpunkt så, att de båda rullarne vände liknämniga poler mot hvarandra. Magnetitprofvet *P* kom sålunda i det förhållande till magnetnålen, som kallas Gauss' första hufvudläge.

Magnetiseringsströmmen togs från ett accumulatorsbatteri B_1 på 6 volt. Dess styrka uppmättes med en precisionsampèremeter A_1 från Siemens & Halske och reglerades med motstånden M_1 och M_2 af nysilfvertråd. Förmedelst kvicksilfvervippan *K* kunde strömmen ge-

nom rullarne R_1 och R_2 vändas om, utan att den ändrade riktning genom ampèremetern. Alla ledningstrådar voro anordnade så, att de ej utöfvade någon elektrodynamisk verkan på magnetnålen.

B. **Upphettningsanordningen.** (*Pl. I, Fig. 1a och Fig. 1b.*)

Magnetitstafvarne upphettades i en för ändamålet särskildt konstruerad elektriskt ugn *(Fig. 1b).* Mellan två koncentriska mässingsrör *D* och *F*, belagda, det yttre invändigt samt det inre utvändigt, med asbest, placerades en grofkornig, grafitliknande motståndsmassa, nyligen utkommen i handeln under namn af kryptol.[1] Rören höllos skilda från hvarandra och i koncentriskt läge genom två cylindriska kritproppar, i hvilkas centrum voro utsvarfvade cirkulära hål, passande för det inre röret. Dessa proppar gipsades fast i rören, vid hvilka de på så sätt blefvo orubbligt och, så godt sig göra lät, lufttätt fästade. Detta senare var af en viss betydelse, ty motståndsmassan tycktes vid de starkare upphettningarne angripas af luftens syre, hvarigenom ugnen upphörde att fungera, och måste ånyo påfyllas; ju lufttätare propparne slöto till, desto längre kunde en och samma motståndsmassa användas. Upphettningsströmmen inleddes i apparaten genom mässingsrören och tvangs att passera genom motståndsmassan på grund af nyssnämnda asbestbelägg, som ej fullständigt täckte rören (se *Fig. 1b*), utan lämnade en del af två motsatta ändar af mässingsrören i kontakt med kryptolet; genom dessa kontaktställen passerade upphettningsströmmen till och från motståndsmassan. I det yttre mässingsröret var vid detta kontaktställe urtaget ett hål, genom hvilket ugnen kunde vid behof påfyllas. Utanpå det yttre mässingsröret voro lindade två lager af asbest för att minska värmeledningen från ugnen. Den sistnämnda passade nu lagom för att inskjutas i rullen R_1 *(Fig. 1a).*

Asbestbeläggen i upphettningsapparaten kunde ej göras af asbestpapp, ty denna visade sig vara magnetisk i så hög grad, att den

[1] Någon ugnskonstruktion, grundande sig på användandet af kryptol, har mig veterligt ej förut användts för vetenskapliga ändamål, men kan jag rekommendera den för mätningar, då det gäller att framställa höga, konstanta och utefter en större yta likformiga temperaturer.

störde de magnetiska mätningarna. Däremot kunde s. k. asbesttråd med fördel användas. En stor svårighet var emellertid att få ett invändigt belägg i det yttre mässingsröret. Jag gick så till väga, att den fuktade asbesttråden upplindades på en glasstaf så grof, att det hela noga passade att skjuta in i mässingsröret. Därpå beströks asbestlagret med syndetikon samt insköts i röret. Detta uppvärmdes därpå ganska kraftigt, hvarigenom asbestlagret brändes fast i röret; glasstafven kunde därpå utan svårighet dragas ut. Efter några misslyckade försök lyckades jag på detta sätt få ett ganska jämnt asbestlager. Det är af stor vikt, att asbestlagren äro jämna, ty kryptolets upphettning är i hög grad beroende på lagrets tjocklek.

Genom försök, som gjordes öfver temperaturfördelningen i apparaten, fann jag, att temperaturen ej var konstant i hela ugnen. Inom det lilla område, som upptogs af magnetitstafven, var den dock ganska likformig. Vid en bestämning öfver temperaturfördelningen fann jag, att, då temperaturen på midten var 430°, så var den

	439°,	434°	
på afståndet	4,	2 cm.	till vänster om midtpunkten
samt	420°,	425°	
på afståndet	4,	2 cm.	till höger om midtpunkten.

Såsom synes, är temperaturen något större i vänstra halfvan än i den högra. Som emellertid temperaturen hos magnetitprofvet mättes på midten af detsamma, så erhölls ett godt värde på stafvens medeltemperatur.

Upphettningsströmmen erhölls från ett accumulatorsbatteri B_2, hvars elektromotoriska kraft varierades mellan 32 och 108 volt allt efter upphettningsgraden. Strömstyrkan kunde varieras med motståndet M_3 af nysilfvertråd. Ampèremetern A_2 användes till att kontrollera, att upphettningsströmmen var konstant under en bestämning. I ledningen var dessutom insatt en strömbrytare.

C. Temperaturmätningsanordningen (*Pl. I, Fig. 1a*).

För uppmätning af magnetitprofvets temperatur användes ett termoelement, bestående af två i ändarna tunt uthamrade, med hvarandra hopsvetsade trådar, den ena af platina, den andra af

platina i legering med tio procent rhodium. Ena lödstället var nedsänkt i vatten af rumstemperatur. Den del af trådarna, som doppade ned i vattnet, var öfverdragen med fernissa. Vattnets temperatur aflästes med termometern *T*. Det andra lödstället *E* var indraget i den platinakapsel, hvari magnetitstafven var placerad, och gick till midtpunkten af profvet *P*. Naturligtvis var det sörjdt för, att termoelementets trådar voro från hvarandra isolerade utom vid lödställena.

Termoelementets fria trådar voro förbundna med en galvanometer *G* af d'Arsonval's konstruktion, som användes för uppmätning af termoströmmen.

Ledningen innehöll dessutom ett motstånd M_4 (ungefär 500 ohm) samt en strömbrytare.

2. Beräkningsmetoder.

A. Beräkning af fältstyrkan i magnetiseringsrullen.

Betecknas fältstyrkan i rullens axel på afståndet a från dess ändyta med F_a, så är

$$F_a = \frac{2\pi n i}{10}\left[\frac{a}{\sqrt{r^2 + a^2}} + \frac{l - a}{\sqrt{r^2 + (l - a)^2}}\right] = G \cdot i,$$

där n = antalet hvarf på 1 cm.;
i = strömstyrkan, uppmätt i ampère, i rullen;
r = spolens radie;
l = „ längd.

Fältstyrkan har beräknats för hvarje trådlager. Spolens radie r har räknats från stommens axel till trådens axel i resp. lager. Fältstyrkan F_a har därefter erhållits genom att addera de på ofvannämnda sätt erhållna partialfälten. Som värde på G erhölls

G =	46,1,	45,9,	45,6,	45,1
på afståndet	0,	1,	2,	3 cm.

från rullens midtpunkt.

Inom det område, som upptages af magnetitstafven, uppgår inhomogeniteten alltså endast till ungefär 1 %.

Med ballistisk galvanometer har jag också på experimentell väg bestämt fältstyrkan och funnit, att det så erhållna värdet väl öfverensstämmer med det beräknade.

Som värde på fältstyrkan F har jag i det följande antagit

$$F = 45{,}8 \, . \, i.$$

Införes beteckningen

F_1 = den för motmagnetiseringen korrigerade fältstyrkan,

så är

$$F_1 = F - NJ,$$

där N = magnetitstafvens motmagnetiseringsfaktor

samt J = „ magnetiseringsintensitet.

Någon bestämning öfver motmagnetiseringsfaktorerna för prismatiska stafvar har jag ej kunnat finna i litteraturen. I likhet med flera andra experimentatorer[1] har jag därför som värde på N tagit de förut kända motmagnetiseringsfaktorerna för cylindriska stafvar.[2] Dimensionsförhållandet för magnetitstafvarne har jag bestämt så, att jag tagit förhållandet mellan deras längder samt diametern i den cirkel, hvars yta är lika med deras tvärsnitt.

B. Beräkning af de magnetiska konstanterna.

För en magnetstaf med det magnetiska momentet M, hvilken befinner sig i Gauss' första hufvudläge i förhållande till en liten magnetnål, gäller formeln

$$M = \frac{1}{2} r^3 (1 + \Theta)\left(1 - \frac{L^2}{r^2}\right) . \, H \cdot \frac{e}{2\,A} = k \, . \, e,$$

där r = afståndet från nålen till stafvens midtpunkt;

Θ = kvartstrådens torsionsmoment;

L = stafvens polafstånd;

H = jordmagnetismens horisontella komposant invid magnetnålen;

A = afståndet mellan magnetometerns spegel och kikarens skala;

[1] H. Nagaoka och K. Honda, Phil. Mag. (5) 46, s. 261, 1898.

[2] H. Du Bois, Magnetische Kreise, Berlin, München 1894, s. 45.

e = magnetometerspegelns deviation, korrigerad så, att $\frac{e}{2A}$ är lika med tangenten för deviationsvinkeln;

k = en konstant.

1. Afståndet r har varit konstant för alla stafvarne:

$$r = 25{,}82 \text{ cm.}$$

2. Bestämning of Θ.

Om man meddelar kvartstråden torsionen α och mäter den därigenom erhållna deviationsvinkeln φ, så har man

$$\Theta = \frac{\varphi}{\alpha - \varphi}$$ (Kohlrausch, Prakt. Physik, Leipzig 1896, s. 252).

I tabell 5 är e magnetnålens deviation på grund af torsionen α (+ och — angifva motsatta riktningar).

Tabell 5.

α	e	$\frac{e}{\alpha}$		
+ 46,3	19,0	0,410		
+ 96,3	39,0	0,405	0,408	Med.
— 46,3	19,1	0,413		
— 96,3	39,6	0,411	0,412	Med.
			Med. 0,410	

Man finner

$$\varphi = 57^0{,}3 \cdot \frac{1}{2A} \cdot \frac{e}{\alpha} = 0^0{,}003950 \quad (A = 2974 \text{ mm.}).$$

Alltså

$$\Theta = 0{,}003965.$$

3. Som värde på polafståndet L har jag tagit $\frac{5}{6}$ af stafvens längd (Kohlrausch, Prakt. Physik, Leipzig 1896, s. 263).

4. Jordmagnetismens horisontalintensitet H bestämdes med en lokalvariometer. Som värde på H har jag tagit medelvärdet af tvenne vid skilda tidpunkter gjorda, med hvarandra nära öfverensstämmande bestämningar och erhållit

$$H = 0{,}1532 \; C.G.S.$$

TH. ERHARD[1] har angifvit en felkälla vid magnetometriska mätningar. Rullarne kunna, om de ej ligga fullkomligt i öster och väster, under vissa villkor gifva upphof till ett resulterande fält, som sammanfaller med jordmagnetismens horisontalfält och sålunda förändrar horisontalintensiteten, utan att de hafva någon synbar devierande verkan på magneten. För att undersöka, hur härmed förhöll sig, gick jag till väga på sätt, som ERHARD angifvit. Som jag emellertid ej, för hvilket längre fram närmare skall redogöras, använde fullständig kompensationsmetod, förfor jag så, att, sedan rullarne inställts på den grad af kompensation, som användes vid de egentliga mätningarne, jag uppmätte den deviationsvinkel, som rullarne åstadkommo på magnetnålen. Med en fix magnet utöfvades därpå på magnetnålen ett vridningsmoment, hvarefter samma bestämning ånyo gjordes. Tabell 6 visar det resultat, som erhölls. Siffrorna äro angifna i mm.

Tabell 6.

med magnet	utan magnet
5,4	5,5
5,3	5,4
5,1	5,3
5,0	5,3

Magneten devierade magnetnålen ungefär 125 mm. Såsom synes af tabellen, voro rullarne så väl injusterade, att någon korrektion för felinställning af det slag, ERHARD angifvit, ej behöfver anbringas på mina värden.

Ifrågavarande undersökning gifver också bekräftelse på en annan sak, som jag i detta sammanhang vill omnämna. Teorien för induktionsrullars inverkan på en magnetnål visar, att deviationen, om nålen ej är tillräckligt liten i förhållande till rullarnes afstånd från densamma, hvilket ju möjligen kunde vara fallet vid min un-

[1] TH. ERHARD, Dr. Ann. 9, s. 724, 1902.

dersökning, är beroende af magnetnålens deviationsvinkel. Att så emellertid ej var fallet, framgår af tabell 6.

5. Afståndet A var $= 2974$ mm.

6. För att få den korrektion, som skulle anbringas på magnetometerspegelns deviation, för att $\frac{e}{2A}$ skulle vara lika med tangenten för deviationsvinkeln, uppgjordes en kurva med e som abskissa och motsvarande korrektion som ordinata. Det visade sig, att korrektionen var mindre än 0,05 mm., då e var mindre än 121 mm., samt att den uppgick till 0,1 mm., då e var lika med 153,5 mm. Att anbringa någon korrektion på e var vid mina bestämningar alldeles obehöfligt.

Magnetiseringsintensiteten och remanenta magnetismen hafva erhållits ur de magnetiska momenten genom division med stafvarnes volym. Denna senare har beräknats ur stafvarnes vikt och täthet.

Koercitivfältet har erhållits ur motsvarande bestämning af den strömstyrka, som kräfves för att afmagnetisera stafven, genom multiplikation med 45,8 (se sid. 14).

Noggrannheten i värdena på J, R och C uppgår till ungefär 1,1 %.

C. Pyrometerns gradering.

Vid graderingen af termoelementet har jag som fixpunkter användt vattnets kokpunkt samt smältpunkterna för metallerna tenn, kadmium, bly, zink och antimon.

De använda metallerna, som voro kemiskt rena, hafva med undantag af zink erhållits från C. A. F. Kahlbaum i Berlin. De smältes i porslinsdegel vid lufttillträde. Termoelementets ena lödställe var till ungefär 1 cm. nedsänkt i smältan. Då det ej varit fråga om större noggrannhet i temperaturbestämningarne än ungefär 1 %, har jag ej ansett mig behöfva använda reduktionsmedel för att förhindra metallernas oxidation. För öfrigt försiggår denna endast på ytan, eftersom ingen omröring af smältan förekommit. Jag antar därför, att det fel, som möjligen förefinnes i smältpunktsbestämningarne på

grund af metallernas oxidation, ej inverkar på mina resultat. För att skydda termoelementets lödställe från den smälta metallen har jag omgifvit detta med ett finväggigt rör af hårdsmält glas. Då temperaturen under smältningen och stelningen varit konstant under minst 1 ½ minut, så kan ej något fel hafva inkommit i temperaturbestämningen därigenom, att termoelementets varma lödställe och den flytande metallen ej hade samma temperatur, då afläsningen gjordes.

Upphettningen af metallerna verkställdes i en därtill lämplig gasugn. Då temperaturen närmade sig smältpunkten, reglerades gastillförseln så, att upphettningen försiggick ganska långsamt. Då galvanometern stått stilla (eller flyttat sig synnerligen långsamt) i minst 1 minut, gjordes afläsning af galvanometerns utslag, hvarefter det kalla lödställets temperatur bestämdes. Sedan temperaturen stigit öfver smältpunkten, fick den gå tillbaka, och på alldeles samma sätt bestämdes stelningspunkten. I allmänhet var denna mera markerad än smältpunkten. Hos antimon förekom en stark öfverkylning, så att temperaturen vid afsvalningen sjönk betydligt under stelningspunkten för att därpå hastigt stiga upp till densamma och där stanna.

Som värde på smältpunkten för tenn har jag tagit det af D. Berthelot[1] funna samt för de öfriga metallerna de af L. Holborn och A. Day[2] angifna värdena.

I tabellerna 7—12 återfinnas de gjorda smältpunktsbestämningarna. De använda beteckningarne hafva följande betydelse:

t = temperaturdifferensen mellan det varma och det kalla lödstället;

u = motsvarande utslag på galvanometern.

---

[1] D. Berthelot. Ann. d. ch. et d. ph. 26, s. 58, 1902.

[2] L. Holborn och A. Day, Dr. Ann. 2, s. 505, 1900.

Tabell 7. Vatten.
Vattenångans tension = 767,8 mm.; kokpunkt = 100,3°.

	u	t
	32,0	85,6°
	32,1	85,6
	32,1	85,7
	32,0	85,7
	32,1	85,7
Med.	32,1	85,7°

Tabell 8. Tenn.
Smältpunkt = 232°.

	Smältning		Stelning	
	u	t	u	t
	89,9	217,8°	89,8	217,9°
	90,0	217,8	90,5	217,8
	90,7	217,9	90,1	217,8
	90,8	217,9	90,0	218,0
	90,0	217,8	89,8	217,9
Med.	90,3	217,8°	90,0	217,9°

Tabell 9. Kadmium.
Smältpunkt = 321,7°.

	Smältning		Stelning	
	u	t	u	t
	135,3	307,8°	137,1	307,7°
	135,5	307,8	137,4	307,7
	135,9	307,7	137,0	307,7
	136,0	307,7	136,5	307,7
	135,4	307,7	136,7	307,7
Med.	135,6	307,7°	136,9	307,7°

Tabell 10. Bly.
Smältpunkt = 326,9°.

	Smältning		Stelning	
	u	t	u	t
	137,7	310,8°	138,0	310,8°
	137,4	310,8	138,4	310,8
	137,4	310,8	137,9	310,8
	137,9	310,8	138,0	310,8
	138,0	310,8	138,1	310,8
Med.	137,7	310,8°	138,3	310,8°

Tabell 11. Zink.
Smältpunkt = 419,0°.

	Smältning		Stelning	
	u	t	u	t
	187,2	403,0°	187,8	403,4°
	188,0	404,0	187,6	403,0
	187,0	404,0	187,2	404,0
	187,6	403,9	188,7	403,9
	187,1	403,4	188,3	403,5
Med.	187,4	403,7°	187,9	403,6°

Tabell 12. Antimon.
Smältpunkt = 630,5°.

	Smältning		Stelning	
	u	t	u	t
	323,7	614,5°	320,6	614,5°
	322,1	614,5	320,4	615,1
	323,5	614,5	319,5	614,7
	323,0	614,5	320,8	614,5
	324,0	614,5	319,7	614,5
Med.	323,2	614,5°	320,2	614,7°

Sammanföras medelvärdena af de erhållna värdena för smält- och stelningspunkterna, erhålles tabell 13.

Tabell 13.

u	t
32,1	85,7°
90,1	217,8
136,3	307,7
138,0	310,8
187,7	403,6
321,7	614,6

Afsättas ur tabell 13 t-värdena som abskissor samt u-värdena som ordinator, fås kurvan å *Pl. II,* hvilken användts vid bestämning af temperaturen.

Det varma lödställets temperatur T beräknas ur formeln

$$T = t_0 + t,$$

där t_0 = det kalla lödställets temperatur.

Termoelementet har också graderats med en höggradig kvicksilfvertermometer,[1] som gick till 550°. Nödig korrektion anbragtes för den utskjutande kvicksilfverpelaren. De värden, som på detta sätt erhållits, återfinnas i tabell 14.

Tabell 14.

u	t
90,8	223°
120,0	283
148,6	335
178,8	388
212,1	450
244,1	503

[1] Termometern var försedd med certifikat från Physikalisch-Technische Reichsanstalt i Charlottenburg, utvisande, att den var riktig på 1°.

Värdena i tabell 14 äro utprickade i *Pl. II.* Punkterna ligga under den förut erhållna kurvan. Intill ungefär 400° lämnade dock, såsom synes, termometern ganska tillförlitliga värden. Orsaken till deras bristande tillförlitlighet vid högre temperaturer är den, att korrektionen för den utskjutande kvicksilfverpelaren blef mycket stor. Vid 450° uppgick den till 16°.

Som det för en framtida användning af termoelementet vore af stort gagn att känna den termoelektromotoriska kraft, som motsvarar olika temperaturdifferenser, har jag graderat galvanometern i volt samt genom en kurva angifvit sambandet mellan elektromotoriska kraften E i millivolt och motsvarande utslag u på galvanometern. Ur kurvan å *Pl. II* får jag det värde på t, som svarar emot ett visst u-värde. På detta sätt kan jag finna motsvarande värden på E och t, d. v. s. termoelementet blir graderadt i millivolt. I tabell 15 anges några på så sätt erhållna värden.

Tabell 15.

E	t
0,90	100°
1,94	200
3,10	300
4,39	400
5,90	500
7,42	600

Som man finner vid en jämförelse mellan ofvanstående värden och de af Holborn och Day funna för ett termoelement af den beskaffenhet, som jag användt, råder ingen öfverensstämmelse mellan dessa. Möjligen kan ju detta bero på, att termoelementets sammansättning ej motsvarar den uppgifna: platina och 90 % platina —10 % rhodium.

3. **Observationsmetod.**

För hvarje magnetitprof med undantag af *N:o 3 Norberg*, som var taget ur samma stuff och alldeles bredvid *N:o 1 Nor-*

berg, har jag bestämt magnetiseringsintensitetens, remanenta magnetismens och koercitivfältets variationer med temperaturen vid en inre fältstyrka af ungefär 50 C. G. S.[1]

För tre af magnetitstafvarne, nämligen *N:o 1 Dannemora, N:o 2 Dannemora* samt *Gellivara,* har jag dessutom undersökt temperaturvariationerna hos magnetiseringsintensiteten och remanenta magnetismen vid olika fältstyrkor.

Bestämning af de magnetiska konstanterna har gjorts vid 8 à 9 olika temperaturer mellan rumstemperatur och ungefär 560°.

För hvarje magnetitstaf har jag undersökt, hur de permanenta förändringarne variera med upphettningen, på det sätt, att jag efter hvarje sådan låtit stafven återgå till rumstemperatur och därpå ånyo bestämt de magnetiska konstanterna. Någon nämnvärd efterverkan har jag därvid ej kunnat konstatera, utan de magnetiska konstanterna antogo nästan omedelbart efter afsvalningen sina bestämda värden.

Som exempel på, huru jag förfarit vid mina mätningar, lämnar jag här nedan en fullständig beskrifning öfver en bestämning för *N:o 1 Dannemora,* tagen vid en temperatur af 435°.

Såsom jag redan förut nämnt (sid. 15), befann sig rullen R_1 vid alla bestämningar på ett och samma afstånd från magnetnålen N (*Pl. I, Fig. 1 a*) — Rullen R_2 injusterades så, att rullarnes samfälda inverkan på nålen blef så liten som möjligt. Upphettningsströmmen slöts och reglerades med tillhjälp af motstånden M_3 och ampèremetern A_2 till den styrka, som motsvarade den temperatur, hvartill profvet skulle upphettas; samtidigt fick vattenströmmen passera genom magnetiseringsrullen.

I en *första* serie gjordes bestämning af magnetiseringsintensiteten och remanenta magnetismen vid en konstant fältstyrka F_1. Genom en preliminär bestämning utröntes först, hvilken fältstyrka F (d. v. s. magnetiseringsström), som skulle användas, för att den för motmagnetiseringen korrigerade fältstyrkan F_1 skulle förblifva konstant.

[1] För *N:o 1 Norberg* har jag undersökt temperaturens inflytande endast på magnetiseringsintensiteten och remanenta magnetismen vid ett yttre fält af 59,5 C. G. S.

Afläsningarna gjordes i följande ordning:

1. Magnetometerns jämviktsläge σ_1'.

Magnetiseringsströmmen slutes och regleras till det värde, som den preliminiära bestämningen gifvit vid handen.

2. Magnetometerns jämviktsläge σ_1.

Stafven införes i R_1. Sedan galvanometern visat samma utslag i 1 à 2 minuter, får stafven genomlöpa 5 à 6 fullständiga magnetiseringscyklar.

3. Ampèremeterns jämviktsläge i.

4. Galvanometerns jämviktsläge g_1.

Termoströmmen brytes.

5. Magnetometerns jämviktsläge s.

Magnetiseringsströmmen brytes.

6. Galvanometerns jämviktsläge g_0.

Termoströmmen slutes.

7. Galvanometerns jämviktsläge g_1'.

Termoströmmen brytes.

8. Magnetometerns jämviktsläge s'.

9. Galvanometerns jämviktsläge g_0'.

Stafven uttages ur R_1.

10. Magnetometerns jämviktsläge σ_2'.

Magnetiseringsströmmen slutes och regleras till värdet i.

11. Magnetometerns jämviktsläge σ_2.

En serie af sådana direkt gjorda afläsningar finnes i tabell 16.

Tabell 16.

Vid seriens början[1] $t_0 = 13{,}8°$. Vid seriens slut $t_0 = 14{,}0°$

i	σ_1	s	σ_2	g_1	g_0	σ_1'	s'	σ_2'	g_1'	g_0'
1,26	222,0	305,1	220,9	350,0	151,5	231,1	242,0	231,1	351,0	152,6
1,26	220,0	303,0	219,9	352,0	152,9	231,1	241,9	231,1	351,5	153,6
1,26	219,9	301,5	218,5	352,0	154,0	231,1	241,1	231,0	352,5	154,1
1,26	218,5	303,1	217,8	353,5	154,0	231,0	241,1	229,1	354,0	154,1
1,26	217,8	300,9	218,1	356,0	155,0	229,1	240,0	229,5	356,0	156,0

[1] sid. 20.

I en *andra* serie bestämdes koercitivfältet. Genom en preliminär bestämning utröntes den ungefärliga storleken af den strömstyrka, som erfordrades för att afmagnetisera stafven, hvarpå mätningarna företogos. Sedan magnetiseringsströmmen reglerats till det värde, som erhållits vid den preliminära bestämningen, gjordes afläsningarne i följande ordning:

1. Magnetometerns jämviktsläge σ_1''.

Magnetiseringsströmmen vändes och regleras till samma värde som i föregående serie (tabell 16). Stafven införes i R_1. Sedan galvanometern visat samma utslag i 1 à 2 minuter, får stafven genomlöpa 5 à 6 fullständiga magnetiseringscyklar. Magnetiseringsströmmen minskas, tills magnetometerns jämviktsläge blifvit lika med σ_1''.

2. Galvanometerns jämviktsläge g_1''.

Termoströmmen brytes.

3. Ampèremeterns jämviktsläge i'.

4. Galvanometerns jämviktsläge g_0''.

Stafven uttages ur R_1.

5. Magnetometerns jämviktsläge σ_2''.

Den sista afläsningen gjordes för att kontrollera, att magnetometern ej under bestämningen i nämnvärd grad ändrat sitt jämviktsläge. Detta inträffade nämligen någon gång, och det erhållna värdet måste då förkastas.

I tabell 17 är införd den serie af direkt gjorda afläsningar, som motsvarar den i tabell 16.

Tabell 17.

Vid seriens början $t_0 = 14{,}0°$. Vid seriens slut $t_0 = 14{,}0°$.

i'	σ_1''	σ_2''	g_1''	g_0''
0,070	230,5	231,0	354,9	155,0
0,069	231,0	231,2	355,0	155,5
0,070	231,2	231,5	357,1	155,5
0,071	231,5	232,0	357,5	157,4
0,071	232,0	232,3	358,0	157,5

I en *tredje* serie bestämdes magnetiseringsintensiteten och remanenta magnetismen vid olika magnetiserande fält. Observationer

gjordes vid fem olika fältstyrkor. Endast en, stundom två afläsningar togos på hvarje fältstyrka och på samma sätt som i första serien.

Tabell 18 innehåller den serie af direkt gjorda afläsningar, som är samhörig med de i tabellerna 16 och 17 angifna.

Tabell 18.

Vid seriens början $t_0 = 14{,}0°$. Vid seriens slut $t_0 = 14{,}0°$.

i	σ_1	s	σ_2	g_1	g_0	σ'_1	s'	σ'_2	g'_1	g'_0
0,26	229,0	259,5	229,1	356,8	155,2	231,0	238,2	231,2	355,9	156,0
0,52	226,9	277,0	227,1	356,9	156,0	231,2	240,0	231,9	357,1	156,3
0,78	224,8	288,0	225,0	357,0	156,0	231,9	240,8	231,9	357,0	156,3
1,04	223,9	296,0	221,9	355,8	156,0	231,9	241,2	231,5	356,0	156,2
1,45	219,0	303,1	218,0	357,0	156,0	231,5	241,7	231,5	356,2	156,3

Sedan dessa tre serier voro tagna, lät jag stafven återgå till rumstemperatur och tog därefter ånyo första och andra serien vid denna temperatur. De så erhållna värdena återfinnas i tabell 19 och tabell 20.

Tabell 19.

Vid seriens början $t_0 = 14{,}0°$. Vid seriens slut $t_0 = 14{,}0°$.

i	σ_1	s	σ_2	g_1	g_0	σ'_1	s'	σ'_2	g'_1	g'_0
1,30	224,5	328,9	223,2	152,1	152,1	233,9	257,9	234,0	152,1	152,1
1,30	223,2	328,0	223,1	152,4	152,4	234,0	258,0	234,0	152,4	152,4
1,30	223,1	328,0	223,2	152,9	152,8	234,0	258,0	234,1	152,9	152,8
1,30	223,2	328,1	223,1	153,0	153,0	234,1	258,0	234,4	153,0	153,0
1,30	223,1	328,1	223,2	153,2	153,0	234,4	258,2	234,8	153,2	153,0

Tabell 20.

Vid seriens början $t_0 = 14{,}0°$. Vid seriens slut $t_0 = 14{,}0°$.

i'	σ''_1	σ''_2	g''_1	g''_0
0,168	236,1	236,1	154,0	153,6
0,167	236,1	236,1	154,0	153,8
0,168	236,1	236,1	154,1	153,9
0,168	236,1	236,1	154,3	154,0
0,168	236,1	236,0	154,8	154,0

Vi införa beteckningarna:

$$e = s - \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2};$$

$$e' = s' - \frac{\sigma'_1 + \sigma'_2}{2};$$

$$u = g_1 - g_0;$$
$$u' = g'_1 - g'_0$$
$$u'' = g''_1 - g''_0$$

samt

T = magnetitstafvens temperatur;
J = „ magnetiseringsintensitet;
R = „ remanenta magnetism;
C = „ koercitivfält;
J' = „ magnetiseringsintensitet efter afsvalning;
R' = „ remanenta magnetism „ „
C' = „ koercitivfält „ „
F = magnetiseringsrullens fältstyrka;
F_1 = den för motmagnetiseringen korrigerade fältstyrkan.

De magnetiska konstanterna och fälten äro alla mätta i *C.G.S*-enheter och temperaturen i Celsiusgrader.

Temperaturen T beräknas ur formeln

$$T = t_0 + t,$$

där t erhålles ur graderingskurvan å *Pl. II* såsom motsvarande värden på resp. u, u', u''.

Sammanföras med nu gjorda beteckningar tabell 16 och tabell 17 till en, fås tabell 21; på samma sätt fås tabell 22, om tabell 19 och tabell 20 sammanföras till en; tabell 18 öfvergår på detta sätt till tabell 23.

Tabell 21.

$t_0 = 13{,}9°$. $F = 57{,}7$. $F_1 = 50{,}4$.

	e	u	e'	u'	i'	u''
	83,7	198,5	10,9	198,4	0,070	199,9
	83,1	199,1	10,8	197,9	0,069	199,5
	82,3	198,0	10,1	198,4	0,070	201,6
	85,0	199,5	11,1	199,9	0,071	200,1
	82,9	201,0	10,7	200,0	0,071	200,5
Med.	83,4	199,2	10,7	198,9	0,070	200,3

$J = 110$ för $T = 434°$.
$R = 14{,}1$ „ $T = 434°$.
$C = 3{,}21$ „ $T = 435°$.

Tabell 22.

$t_0 = 14{,}0°$. $F = 59{,}5$. $F_1 = 50{,}3$.

	e	u	e'	u'	i'	u''
	105,1	0,0	23,9	0,0	0,168	0,4
	104,9	0,0	24,0	0,0	0,167	0,2
	104,8	0,1	23,9	0,1	0,168	0,2
	105,0	0,0	23,7	0,0	0,168	0,3
	104,9	0,2	23,6	0,2	0,168	0,8
Med.	104,9	0,1	23,8	0,1	0 168	0,4

$J' = 138$ för $T = 14°$.
$R' = 31{,}3$ „ $T = 14°$.
$C' = 7{,}69$ „ $T = 15°$.

Tabell 23.

$t_0 = 14{,}0°$.

e	u	e'	u'	J	T	R	T	F	F_1
30,4	201,6	7,1	199,9	40,0	439°	9,35	435°	11,9	9,2
50,0	200,9	8,4	200,8	65,9	438°	11,1	438°	23,8	19,4
63,1	201,0	8,9	200,7	83,1	438°	11,7	437°	35,7	30,1
73,1	199,8	9,5	199,8	96,3	435°	12,5	435°	47,6	41,2
84,6	201,0	10,2	199,9	111	438°	13,4	435°	66,4	59,0

På sätt, som nu genomgåtts, har jag förfarit vid 7 à 8 olika temperaturer mellan rumstemperatur och stafvens magnetiska omvandlingspunkt.

För bestämning af den magnetiska omvandlingspunkten har jag gått till väga på följande sätt. Jag har bestämt såväl den temperatur, där magnetismen upphör, som också den temperatur, vid hvilken den återinträder. Bestämningen af dessa båda temperaturer är gjord genom direkt afläsning. Upphettningen reglerades i närheten af omvandlingspunkten så, att temperaturändringen försiggick så långsamt som möjligt. Utslaget på galvanometern aflästes i det ögonblick, som magnetismen försvinner resp. återinträder, hvilket visade sig på magnetometern. Eftersom ändringarna med temperaturen i de magnetiska konstanterna (hvilket längre fram skall visas) äro mycket stora i närheten af den magnetiska omvandlingspunkten, så är denna mycket väl markerad, och de gjorda bestämningarna af den magnetiska omvandlingspunkten äro med säkerhet riktiga på ungefär 1 %.

Jag inför beteckningarna

u_1 = utslaget på galvanometern, då magnetismen upphör;

u_2 = „ „ „ „ „ återinträder.

I tabell 24 äro angifna de värden, som erhållits vid bestämningen af den magnetiska omvandlingspunkten. De hänföra sig till samma staf, *N:o 1 Dannemora,* som de förut angifna värdena.

Tabell 24.

$t_0 = 15{,}0°$. $F = 50{,}3$. $F_1 = 50{,}3$.

	u_1	u_2
	279,0	278,0
	278,5	277,0
	279,5	279,0
	277,0	279,0
	281,0	280,6
Med.	279,0	278,7

Alltså omvandlingspunkten för $u = 278{,}9$.

„ „ „ $T = 560°$.

I afdelningen *Tabeller* i slutet af afhandlingen äro de erhållna värdena sammanförda för de olika magnetitprofven. I en större tabell äro först sammanförda de värden, hvilka erhållits ur de tabeller, som motsvara tabell 21 och tabell 22. Värdena från dessa tabeller bilda en horisontalrad i sammanfattningstabellen. De, som motsvara tabell 23, äro införda som särskilda mindre tabeller; dock hafva de fyra första vertikalkolumnerna utelämnats.

Vi vilja nu öfvergå till en diskussion af undersökningens resultat.

4. Magnetiseringsintensitetens beroende af temperaturen vid en fältstyrka af ungefär 50 C. G. S.

I *Pl. III* samt i *Pl. IV*, öfver vänstra figuren, är sambandet mellan temperaturen och magnetiseringsintensiteten grafiskt återgifvet. Ur de två första vertikalraderna i sammanfattningstabellerna har för detta ändamål afsatts T som abskisser samt J som ordinator, då de öfversta kurvorna i nyssnämnda figurer erhållits.

Vid en granskning af de så erhållna kurvorna för de olika magnetiterna finner man, att de i det stora hela visa mycket stora likheter. Variationerna i kurvorna bestå af trenne perioder: den *första* karakteriserad af en svag, nästan rätlinjig ändring, den *andra* af en böjning nedåt samt den *tredje* af en synnerligen kraftig minskning ned till abskissaxeln. De skilda periodernas storlek och beskaffenhet variera däremot för de olika magnetitexemplaren.

Periodernas storlek framgår af tabell 25.

För de flesta magnetiterna aftager magnetiseringsintensiteten svagt och nästan rätlinjigt under första perioden. Så är förhålllandet med *N:o 1 Dannemora, N:o 2 Dannemora, N:o 3 Dannemora* och *N:o 2 Norberg*. Magnetiten från *Gellivara* visar den egendomligheten, att magnetiseringsintensiteten först aftager något, då temperaturen stiger, ökar därpå svagt samt når ett maximum vid 260°. Magnetit *Grängesberg* samt *N:o 1 Norberg* visa en ökning i magnetiseringsintensiteten vid de lägre temperaturerna.

Tabell 25.

Staf	1:a perioden	2:a perioden	3:e perioden
N:o 1 Dannemora	rumst:pr. —350°	350°—450°	450°—560°
N:o 2 „	„ —250	250 —450	450 —562
N:o 3 „	„ —400	400 —500	500 —560
Gellivara	„ —300	300 —450	450 —565
Grängesberg	„ —300	300 —500	500 —565
N:o 2 Norberg	„ —300	300 —500	500 —560
N:o 1 „	1:a o. 2:a perioden sammanflyta		500 —560

Den tredje perioden inträder vid ungefär samma temperatur, 450° à 500°, för alla magnetitprofven. Den slutar också vid i det närmaste samma temperatur för alla stafvarna, varierande mellan 560° och 565°. Omvandlingspunkterna sammanfalla sålunda inom gränserna för observationsfelen för de magnetiter, som jag undersökt. Det värde, som jag erhållit på den magnetiska omvandlingspunkten, stämmer väl öfverens med det värde 557°, som Williams och Barton[1] funnit.

Såsom redan i inledningen (sid. 4) omnämndes, bestämde Curie omvandlingspunkten till 535°. Detta värde är tydligen för lågt. Curie angifver ej, huru noga han bestämt sitt värde, men tycks ej göra anspråk på, att det skall vara så synnerligen noggrant. Han säger nämligen:[2] "Ce corps (magnétite) a son point de transformation magnétique *vers* 535°".

Att det af mig funna värdet på den magnetiska omvandlingspunkten ej öfverensstämmer med det af Rinne[1] uppgifna 575°, är ju ej så märkvärdigt, då Rinne ej gjort några exakta mätningar af densamma, utan endast på grund af glödfärgens beskaffenhet skattat dess värde. Uppskattningen är ju i alla fall märkvärdigt väl lyckad. Någon olikhet i den magnetiska omvandlingspunktens läge vid upphettning och afsvalning har jag i olikhet med Rinne ej kunnat finna.

---

[1] loc. cit.

[2] „ „ s. 1136, rad 1.

5. **Magnetiseringsintensitetens beroende af temperaturen vid olika fältstyrkor.**

I *Pl. IV*, öfre högra figuren samt de båda mellersta figurerna, har jag grafiskt återgifvit sambandet mellan magnetiseringsintensiteten och temperaturen från de mindre tabellerna (sid. 29). Såsom synes af de erhållna kurvorna, förete dessa olika utseende för olika fältstyrkor. Det är första perioden af kurvorna, som ändrar sig med det magnetiserande fältet. För *N:o 1 Dannemora* och *N:o 2 Dannemora* är förloppet enahanda. Magetiseringsintensiteten växer för små fältstyrkor i början med temperaturen till ett maximum, som inträder vid ungefär 300°, samt aftar därpå, hvarefter förloppet är detsamma som det i föregående kapitel angifna. Detta gäller för ett inre magnetiserande fält mindre än c:a 20 C. G. S., hvilket stämmer med de af Barton och Williams funna resultaten. Dessa arbetade med en fältstyrka af 3,4 C. G. S.

För ett inre fält större än c:a 20 C. G. S. försvinner det maximum, som erhölls vid 300°, och första perioden af kurvan ändrar sitt utseende så, att magnetiseringen (såsom ju i föregående kapitel visats) minskar, då temperaturen ökar, och kurvan stupar brantare mot abskissaxeln, ju högre fältstyrkan är.

Magnetit *Gellivara* afviker så till vida från de båda öfriga, att maximum för de lägre fältstyrkorna ligger vid en betydligt högre temperatur (För $F_1 = 21{,}3$ C. G. S. ligger max. vid temp. 440°). Detta maximum försvinner ej, då fältstyrkan ökar, utan flyttar sig endast åt de lägre temperaturerna till. För de mindre magnetiserande fälten visa kurvorna en omisskännlig likhet med den af Rinne erhållna. Det material, som han undersökt, var också magnetit från Gellivara.

6. **Remanenta magnetismens och koercitivfältets variationer med temperaturen.**

I *Pl. III* samt *Pl. IV* öfre vänstra figuren återfinna vi kolumnerna *R, T, C, T* i sammanfattningstabellerna, grafiskt framställda.

Man finner, att ändringarna med temperaturen hos remanenta magnetismen och koercitivfältet vid en maximifältstyrka på ungefär 50 C. G. S. ansluta sig i allt väsentligt till de för magnetiseringsintensiteten vid samma fältstyrka erhållna. Äfven hos dessa kurvor kan man urskilja trenne delar, som i det stora hela äro desamma som för motsvarande kurvor för magnetiseringsintensiteten.

I de båda undre figurerna å *Pl. IV* äro remanenta magnetismen och temperaturen i de mindre tabellerna grafiskt återgifna.[1] Man finner äfven här, att variationerna med temperaturen för en bestämd maximifältstyrka ansluta sig till magnetiseringsintensitetens för samma fältstyrka. Äfven här spårar man en tydlig tendens hos kurvornas första period att stupa brantare mot abskissaxeln, då maximifältstyrkan växer. Några utpräglade maxima för de mindre fälten förefinnas emellertid ej.

7. Permanenta förändringar efter upphettning.

För att finna de permanenta förändringar, som visa sig efter upphettningen, har jag att studera kolumnerna *J*, *R*, *C* i sammanfattningstabellerna i afdelningen *Tabeller*. Skillnaden mellan två öfver hvarandra stående värden angifver den permanenta förändringens storlek efter en upphettning till den temperatur, som finnes angifven i samma horisontalrad som det undre af dessa värden.

Vid en närmare granskning finner man, att i de flesta fall permanenta förändringar inträda i de magnetiska konstanterna, dock i allmänhet mycket obetydliga i synnerhet i magnetiseringsintensiteten och koercitivfältet. De båda *Norbergs*magnetiterna äro så tillvida afvikande från de öfriga, att de permanenta förändringarna uppgå till betydande belopp, särskildt efter upphettningen till den magnetiska omvandlingspunkten. Så är t. ex. hos No 2 *Norberg* magnetiseringsintensiteten 33.0 °/o, den remanenta magnetismen 62.8 °/o,

[1] För No 1 *Dannemora* har jag ej grafiskt återgifvit sambandet mellan remanenta magnetismen och temperaturen; kurvorna för denna magnet visa emellertid i det stora hela en fullständig öfverensstämmelse med de, som erhållits för No 2 *Dannemora* och *Gellivara*.

och koercitivfältet 13,8 % större efter omvandlingen än före densamma. Äfven hos *N:o 1 Dannemora* och *Grängesberg* äro de permanenta förändringarna i koercitivfältet ganska ansenliga.

För olika magnetitprof är den temperatur, till hvilken profvet måste upphettas, för att de permanenta förändringarna skola inträda, betydligt olika. Förändringarnas variationer med upphettningen äro emellertid mycket oregelbundna och svåra att öfverblicka. I allmänhet tycks dock förhållandet vara så, att de för hvarje särskild magnetit inträda ungefär samtidigt i de magnetiska konstanterna, nämligen i slutet af första eller under andra perioden af de i föregående kapitlen behandlade temperaturkurvorna, d. v. s. då förändringarna med temperaturen blifva mera märkbara i de magnetiska konstanterna.

Om man inför begreppen *positiv* permanent förändring, då den magnetiska konstanten blir större, samt *negativ*, då den blir mindre efter upphettningen till den magnetiska omvandlingspunkten än före densamma, så finner man att i fyra af de undersökta magnetiterna, nämligen *N:o 1 Dannemora*, *N:o 2 Dannemora* (obetydlig), *N:o 3 Dannemora* samt *Gellivara* är den permanenta förändringen i magnetiseringsintensiteten negativ samt i endast två, nämligen *N:o 1 Norberg* och *N:o 2 Norberg*, positiv. I den remanenta magnetismen visa sig positiva permanenta förändringar i magnetitprofven *N:o 1 Dannemora, Grängesberg*, *N:o 1 Norberg* och *N:o 2 Norberg* samt negativa i *N:o 2 Dannemora* (svag), *N:o 3 Dannemora* och *Gellivara.* Koercitivfältet hos *N:o 1 Dannemora, Grängesberg* och *N:o 2 Norberg* röner positiva permanenta förändringar, men hos *N:o 2 Dannemora* (obetydlig) och *Gellivara* däremot negativa.

Hos de flesta undersökta magnetiterna äro sålunda de permanenta förändringarna negativa i magnetiseringsintensiteten samt positiva i remanenta magnetismen och koercitivfältet. Dessa låta förklara sig på sätt, som Rinne gjort, nämligen att magnetiten delvis (trots försiktighetsåtgärden att omgifva profvet med magnesiumoxid) oxiderats till järnoxid, som är orsaken till de förändringar, som inträdt. Att det verkligen på ytan inträdde oxidation, kunde man för öfrigt se, ty några af profven skiftade efter upphettningen svagt

i rödt. Däremot kunna ej de stora positiva permanenta förändringarne i magnetiseringsintensiteten hos *Norbergs*magnetiterna på detta sätt förklaras. I dessa båda prof har tydligen magnetiten omvandlats till en mera magnetiserbar modifikation.

III. Termoelektromotoriska kraften.

För bestämning af den termoelektromotoriska kraften mellan magnetit och koppar har jag betjänat mig af följande anordning, som är schematiskt framställd i *fig. 2*, *Pl. I.*

C och *D* beteckna tvenne mässingsrör, i ena ändan tillslutna med kopparplattor. Mellan dessa fastsattes den magnetitstaf *P*, som skulle undersökas. Mässingsröret *D* innehöll vatten, hvars temperatur, som låg omkring rumstemperaturen, aflästes med termometern *T*. Genom röret *C* leddes vattenånga. Dess temperatur har beräknats ur dess tryck, som antagits vara detsamma som det yttre lufttrycket. Någon manometer för bestämning af vattenångans öfvertryck ansåg jag nämligen obehöflig, då ändringen i kokpunktens läge på grund af öfvertrycket uppgått till på sin höjd 0,3°. Under försöken var barometerståndet något under 760 mm., hvadan alltså vattenångans temperatur kunde antagas vara 100° *C.*

Vid hvar sin af de båda ofvan nämnda kopparplattorna voro koppartrådar fastlödda. Trådarna förbundos medelst en ledning, i hvilken insattes en galvanometer *G*, ett konstant motstånd M_1 samt en motståndslåda M_2. Den senare innehöll 100 ohm.

Låt e beteckna den termoelektromotoriska kraften, t_1 och t temperaturerna på den varma och den kalla kopparplattan samt E termoelektromotoriska kraften för 1° temperaturdifferens, så är

$$e = E\,(t_1 - t) \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

Om vidare R betecknar motståndet i etalonen M_2 samt m motståndet i den öfriga strömbanan, så blir

$$e = k \,.\, u \,.\, m \ldots\ldots\ldots\ldots\ (2)$$

och

$$e = k \,.\, u_1 \,.\, (m + R), \ldots\ldots\ldots\ldots\ (3)$$

hvarest c är galvanometerns reduktionsfaktor samt u och u_1 galvanometerutslagen i de två fallen. Ur (2) och (3) erhålles efter eliminering af m

$$e = \frac{k \cdot u \cdot u_1 \cdot R}{u - u_1}$$

samt efter eliminering af e mellan (1) och ofvanstående ekvation

$$E = \frac{k \cdot u \cdot u_1 \cdot R}{(u - u_1)(t_2 - t_1)},$$

hvilken formel användts vid beräkning af E.

Vid observationerna har galvanometern aflästs, först sedan vattenånga genomgått röret C så länge, att värmetillståndet i kopparplattorna och magnetitstafven blifvit stationärt. Först aflästes utslaget u, motsvarande motståndet m i ledningen, därefter utslaget u_1, sedan dessförinnan motståndet R införts i ledningen. De gjorda afläsningarne äro införda i nedanstående tabeller.

Noggrannheten i de erhållna värdena på E har jag skattat till 1,5 %.

Tabell 26. Magnetit N:o 2 Dannemora.

$k = 5{,}469 \cdot 10^{-8}$. $R = 100$ ohm. Barometerstånd = 756 mm.

	u	u_1	t
	313,2	230,2	19,7°
	314,1	230,9	19,2
	315,0	231,0	19,1
	315,4	231,1	19,0
	315,9	231,6	18,9
Med.	314,7	231,0	19,2°

Härur beräknas

$$E = 58{,}1 \cdot 10^{-6} \text{ volt.}$$

Tabell 27. Magnetit Gellivara.

$k = 5{,}393 \cdot 10^{-8}$. $R = 100$ ohm. Barometerstånd = 755 mm.

	u	u_1	t
	224,3	181,2	19,3°
	224,1	181,0	19,3
	223,9	180,8	19,3
	223,6	180,6	19,3
	223,2	180,2	19,3
Med.	223,8	180,8	19,3°

Härur beräknas

$$E = 62{,}9 \cdot 10^{-6} \text{ volt.}$$

Tabell 28. Magnetit N:o 2 Norberg.

$k = 1{,}051 \cdot 10^{-7}$. $R = 40$ ohm. Barometerstånd 757 mm.

	u	u_1	t
	235,1	190,3	22,0°
	235,0	190,1	22,0
	235,0	190,0	22,0
	235,0	190,0	22,0
	235,1	190,1	21,9
Med.	235,0	190,1	22,0°

Härur beräknas

$$E = 53{,}6 \cdot 10^{-6} \text{ volt.}$$

Tabell 29. Magnetit N:o 3 Norberg.

$k = 1{,}051 \cdot 10^{-7}$. $R = 40$ ohm. Barometerstånd = 758 mm.

	u	u_1	t
	216,7	177,9	21,2°
	217,2	178,7	21,2
	216,7	178,6	21,1
	217,1	178,1	21,1
	216,7	178,0	21,0
Med.	216,9	178,3	21,1°

Härur beräknas

$$E = 53{,}4 \cdot 10^{-6} \text{ volt.}$$

Af den gjorda undersökningen framgår, att den termoelektromotoriska kraften mellan magnetit och koppar för den använda temperaturdifferensen mellan kontaktställena (100° — rumstemperatur) uppgår till ett rätt afsevärdt belopp, som ej skiljer sig så särdeles mycket för de fyra undersökta magnetiterna (dess medelvärde för 1° temperaturdifferens mellan de nyssnämnda temperaturgränserna varierade från $53,4 . 10^{-6}$ till $62,9 . 10^{-6}$ volt. Motsvarande värde för konstantan—koppar är $40,10^{-6}$ volt).

Hvad beträffar riktningen af termoströmmen, fann jag, att i det varma kontaktstället strömmen går från magnetiten till kopparplattan, d. v. s. koppar är termoelektriskt positiv i förhållande till magnetit.

IV. Elektriska ledningsmotståndet.

I *fig. 3* å *Pl. I* är den experimentella anordningen schematiskt framställd.

Strömmen från ett accumulatorsbatteri B på 6 volt passerade förmedelst kvicksilfverkontakter genom magnetitprofvet P. Detta hvilade på tvenne förskjutbara metalleggar. I accumulatorsledningen var insatt en precisionsampèremeter A från SIEMENS & HALSKE och ett variabelt motstånd M af nysilfvertråd.

De nyssnämnda eggarne voro kopplade till kvicksilfvervippan K på sätt, som af figuren framgår. På grund häraf kunde de sättas i förbindelse med en mättråd af nysilfver. Vid ändarne af densamma voro inkopplade tvenne Daniellselement D i serie med polerna vända så, att strömmen i galvanometern G gick i motsatt riktning mot den, som alstrades af potentialdifferensen mellan eggarna. Förmedelst vippan K kunde mättråden ömsevis förbindas med polerna till ett Westonelement, inkoppladt så, att strömmen från detsamma gick i motsatt riktning mot strömmen från Daniellselementen. Galvanometern G användes endast som nollinstrument.

Potentialdifferensen e_1 mellan eggarna, alstrad af strömmen i genom magnetitprofvet, kompenserades af den potentialdifferens, som på grund af strömmen i_1 genom mättråden uppstod mellan dess ena ända och glidkontakten. Antag afståndet mellan dem i detta fall vara r_1.

Westonelementet användes som normalelement. Dess elektromotoriska kraft e ($= 1{,}0201$ volt vid rumstemperatur) kompenserades på alldeles samma sätt af en potentialdifferens mellan två punkter af mättråden på afståndet r från hvarandra.

Om man får anta, hvilket visade sig vara tillåtet, att strömstyrkan genom mättråden var densamma vid båda tillfällena (bestämningarne af r och r_1 gjordes omedelbart efter hvarandra), så har man

$$e = k.r.i_1$$

och

$$e_1 = k.r_1.i_1,$$

där e och e_1 mättes i volt, i_1 i ampère, samt $k.r$ och $k.r_1$ voro motstånden (i ohm) i längderna r och r_1 af mättråden.

Alltså är

$$e_1 = e.\frac{r_1}{r}.$$

Om m betecknar motståndet (i ohm) i den del af profvet, som ligger mellan eggarne, så erhålles

$$m = \frac{e_1}{i} = \frac{e}{i}.\frac{r_1}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Införas beteckningarna

c = motståndet (i ohm) i en staf af 1 cm. längd och 1 mm² tvärsnitt,

l = afståndet mellan eggarne i cm.,

a = magnetitstafvens tvärsnitt i mm.², så är

$$m = \frac{c.l}{a}.$$

Alltså blir

$$c = \frac{a}{l}.\frac{e}{i}.\frac{r_1}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Ur formlerna (1) och (2) hafva m och c beräknats.

Observationsmetoden framgår ur det nu sagda.

Vissa försiktighetsmått måste dock iakttagas. Strömmen genom magnetitprofvet måste vara så svag, att detta ej uppvärmdes, hvilket skulle haft till följd en minskning af motståndet. För att ytterligare förebygga en eventuell upphettning af nyssnämnda slag iakttog jag alltid att sluta strömmen endast momentant.

För att eliminera det fel, som kunde uppstå därigenom, att elektromotoriska kraften i Daniellselementen varierade under en bestämning, gick jag så tillväga, att värden på r togos såväl före

som efter afläsningen af r_1. Vid beräkningen af motstånden m och c användes medelvärdet af dessa r-värden; det visade sig emellertid, att variationerna i Daniellselementens elektromotoriska kraft i allmänhet voro praktiskt taget lika med noll under en bestämning.

I 4 magnetitprof (*N:o 2 Dannemora, Gellivara*, *N:o 2 Norberg* och *N:o 3 Norberg*) undersökte jag motståndet på två olika ställen af stafvarna; eggarne hade ett sådant läge på profven, att ett område på midten af dem var gemensamt vid båda bestämningarne. *N:o 1 Dannemora* undersökte jag på fyra och *N:o 3 Dannemora* på tre skilda ställen af stafven. För ett och samma läge af eggarne gjordes bestämning med profvet successivt hvilande på sina olika sidor. För hvarje sida togos fem värden, som inbördes visade en synnerligen god öfverensstämmelse, hvilket ådagalade, att någon upphettning af stafven under strömmens momentana slutning ej inträdde.

Resultaten af mätningarna, som äro gjorda vid rumstemperatur, återfinnas här nedan. Jag medtager endast medelvärdena för hvar och en af stafvens sidor.

Noggrannheten i de erhållna värdena på c uppgår till ungefär 1 %.

Magnetit N:o 1 Dannemora.

Motståndet i *N:o 1 Dannemora* var synnerligen stort. Strömmen i blef följaktligen mycket liten ($i = 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ ampère), och värdena på ledningsmotståndet därför något osäkra. Jag kunde dock öfvertyga mig om, att motståndet var i det närmaste detsamma på de fyra ställen af stafven, där eggarne placerades, och sålunda erhålla en garanti för homogeniteten. Såsom ett approximativt värde på m, då $l = 2{,}20$ cm., kan jag ange

$$m = 3150 \text{ ohm}.$$

Alltså

$$c = 5100 \text{ ohm}.$$

Magnetit N:o 2 Dannemora.

Tabell 30.

$l = 3{,}00$ cm. Högra eggen 6,5 mm. från högra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	67,5	355,9	275,1	11,7	
2	67,9	356,1	276,9	11,7	
3	67,1	355,7	281,6	12,0	
4	66,1	354,6	272,4	11,9	
				11,8	Med.

Tabell 31.

$l = 3{,}00$ cm. Vänstra eggen 6,3 mm. från vänstra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	66,6	296,0	242,7	12,6	
2	68,0	295,4	226,1	11,5	
3	66,2	295,1	241,1	12,6	
4	66,9	295,0	243,3	12,6	
				12,3	Med.

N:o 2 Dannemora kunde sålunda anses homogen.

Man finner

$$c = 15{,}1 \text{ ohm}.$$

Magnetit N:o 3 Dannemora.

Tabell 32.

$l = 2{,}20$ cm. Högra eggen 5,0 mm. från högra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	11,6	327,1	499,8	134	
2	13,1	326,0	533,2	127	
3	12,9	325,8	538,1	131	
4	11,9	326,0	496,0	130	
				131	Med.

Tabell 33.

$l = 2{,}20$ cm. Högra eggen 11,0 mm. från högra staländan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	13,8	326,9	311,8	70,5	
2	14,0	327,2	300,5	66,9	
3	13,9	327,6	290,6	65,1	
4	13,0	328,2	274,7	65,7	
				67,1	Med.

Tabell 34.

$l = 2{,}20$ cm. Vänstra eggen 5,0 mm. från vänstra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	15,0	329,3	383,9	79,3	
2	15,0	330,0	170,3	35,1	
3	15,1	328,7	373,5	76,8	
4	13,1	331,4	338,0	79,4	
				67,6	Med.

Denna magnetit var följaktligen ej fullt homogen. I högra ändan af stafven var

$$c = 209 \text{ ohm},$$

i den öfriga delen däremot

$$c = 107 \text{ ohm}.$$

Magnetit Gellivara.

Tabell 35.

$l = 3{,}00$ cm. Högra eggen 6,0 mm. från högra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	98,5	298,0	102,0	3,54	
2	99,1	297,7	102,0	3,53	
3	99,8	297,6	102,0	3,50	
4	107,1	297,8	102,0	3,26	
				3,46	Med.

Tabell 36.

$l = 3{,}00$ cm. Vänstra eggen 6,0 mm. från vänstra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	96,9	298,3	101,9	3,60	
2	97,0	300,0	102,0	3,58	
3	97,1	305,7	102,0	3,51	
4	93,7	308,8	102,0	3,60	
				3,57	Med.

Magnetit *Gellivara* var tydligen homogen.

Man finner

$$c = 4{,}34 \text{ ohm.}$$

Magnetit N:o 2 Norberg.

Tabell 37.

$l = 3{,}00$ cm. Högra eggen 4,7 mm. från högra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	42,5	313,3	115,2	8,83	
2	45,0	316,9	130,0	9,30	
3	47,6	318,3	140,0	9,43	
4	49,1	319,4	140,0	9,11	
				9,17	Med.

Tabell 38.

$l = 3{,}00$ cm. Vänstra eggen 4,4 mm. från vänstra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	52,7	312,1	124,0	7,69	
2	44,3	313,1	107,8	7,93	
3	53,0	313,8	130,0	7,97	
4	53,0	314,1	137,0	8,39	
				8,00	Med.

N:o 2 Norberg var alltså tämligen homogen. Motståndet dock något större i den högra ändan.

Man finner

$$c = 13{,}4 \text{ ohm.}$$

Magnetit N:o 3 Norberg.

Tabell 39.

$l = 3{,}00$ cm. Högra eggen 4,8 mm. från högra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	11,0	311,1	241,3	71,9	
2	10,9	312,4	246,1	73,7	
3	11,0	306,9	269,9	81,6	
4	11,1	307,8	269,5	80,5	
				76,9	Med.

Tabell 40.

$l = 3{,}00$ cm. Vänstra eggen 4,8 mm. från vänstra stafändan.

Sida	$i.10^3$	r	r_1	m	
1	11,0	309,1	271,5	81,5	
2	11,0	310,1	269,2	80,5	
3	11,0	310,9	268,2	80,0	
4	11,0	311,8	275,7	82,0	
				81,0	Med.

N:o 3 Norberg var sålunda ganska homogen; motståndet var något större i vänstra ändan än i den högra.

Man finner

$$c = 128 \text{ ohm}.$$

Af de erhållna siffrorna framgår, att det elektriska ledningsmotståndet hos magnetit vid rumstemperatur kan variera inom vida gränser. Hos de undersökta profven var dess lägsta funna värde 4,34 ohm, dess högsta 5100 ohm, i båda fallen beräknadt för en staf af 1 cm. längd och 1 mm.^{2} tvärsnitt. I dessa kristalliniskt korniga magnetiter är det tydligen öfvergångsmotstånden mellan de ingående magnetitkornen, som bestämma storleken af deras ledningsmotstånd. Som vi minnas från inledningen (sid. 6), fann Bäckström i en staf af kristalliserad magnetit med nyssnämnda dimensioner ett elektriskt ledningsmotstånd af 0,5162 ohm vid 40°. Vid rumstemperatur är motståndet något större, men i hvarje fall högst

obetydligt. Ej ens det lägsta af mig funna motståndet är sålunda tillnärmelsevis så litet som Bäckströms.

Ett annat för mig viktigt resultat lämnar den gjorda undersökningen, i det att den visar, att de stafvar, som jag användt, varit, möjligen med undantag af *N:o 3 Dannemora*, så tillfredsställande homogena, som man rimligtvis kan begära af på detta sätt ur malmstuffer utsågade stafvar.

Sammanfattning.

De föreliggande undersökningarna hafva i korthet lämnat följande resultat:

1) Magnetiseringsintensiteten, remanenta magnetismen och koercitivfältet hos magnetit variera med stigande temperatur i början svagt och aftaga därpå hastigt till noll.

2) Den magnetiska omvandlingspunkten ligger för alla undersökta prof mellan 560° och 565°.

3) Variationerna med temperaturen i de magnetiska konstanterna äro olika vid olika magnetiserande fält.

För en inre fältstyrka mindre än c:a 20 C. G. S. ökade magnetiseringsintensiteten för tvenne magnetitprof, *N:o 1 Dannemora* och *N:o 2 Dannemora*, till ett maximum, som inträdde vid c:a 300°. För högre fältstyrkor försvinner detta maximum, och magnetiseringsintensiteteten aftager under hela upphettningen. Ju högre fältstyrkan är, desto starkare blir minskningen vid de lägre temperaturerna. Detta senare gäller också för den remanenta magnetismen.

I magnetitprofvet *Gellivara* erhölls däremot ett maximum i magnetiseringsintensiteten, hvilket för ett inre fält af 21,3 C. G. S. låg vid 440°. Detta försvinner ej, då fältstyrkan ökas, åtminstone ej för inre fältstyrkor mindre än 60,6 C. G. S., utan flyttar sig endast åt de lägre temperaturerna till.

4) Permanenta förändringar inträda i de magnetiska konstanterna efter upphettning till den temperatur, då variationerna i dessa blifva mera märkbara. De äro dock i allmänhet obetydliga och större i den remanenta magnetismen än i magnetiseringsintensiteten och koercitivfältet.

Efter upphettning till omvandlingspunkten blir i allmänhet magnetiseringsintensiteten mindre än förut. I två af de undersökta profven, *N:o 1 Norberg* och *N:o 2 Norberg*, var magnetiseringsintensiteten betydligt större efter omvandlingen än före densamma.

5) Den termoelektromotoriska kraften (undersökt för temperaturgränserna 100° och rumstemperatur) hos magnetit-koppar vid en temperaturdifferens af 1° mellan kontaktställena varierar för de undersökta profven från 53,4. 10^{-6} till 62,9. 10^{-6} volt, sålunda inom jämförelsevis trånga gränser. Koppar är termoelektriskt positiv i förhållande till magnetit.

6) Det elektriska ledningsmotståndet hos magnetit varierar inom vida gränser: dess lägsta funna värde var = 4,34 ohm och dess högsta = 5100 ohm i en staf af 1 cm. längd och 1 mm^2 tvärsnitt. I den kristalliniskt korniga magnetiten bestämma öfvergångsmotstånden mellan de ingående magnetitkornen storleken af det elektriska ledningsmotståndet.

TABELLER

Förklaring öfver använda beteckningar.

N = magnetitstafvens motmagnetiseringsfaktor.
V = » volym.
T = » temperatur.
J = » magnetiseringsintensitet.
J' = » » efter afsvalning.
R = » remanenta magnetism.
R' = » » » efter afsvalning.
C = » koercitivfält.
C' = » » efter afsvalning.
F = magnetiseringsrullens fältstyrka.
F_1 = den för motmagnetisering korrigerade fältstyrkan.

Temperaturen är angifven i Celsiusgrader; samtliga öfriga storheter i C. G. S.-enheter.

Magnetit N:o 1 Dannemora.

Grofkornig. Järnhalt = 69,5 %. Längd = 4,66 cm. Tvärsnitt = 0,0359 cm². Dimensionsförhållande = 21,8. N = 0,0068. V = 0,1671 cm³. Specifik vikt = 4,975.

Tabell I.

F_1 = 50,3.

J	T	R	T	C	T	J'	T	R'	T	C'	T
141	18°	32,3	18°	7,51	18°	141	18°	32,3	18°	7,51	18°
139	64	30,7	65	7,33	62	141	17	31,6	17	7,42	17
139	93	30,3	93	7,24	93	142	17	31,9	17	7,47	19
137	157	28,8	156	6,92	160	141	18	32,0	18	7,51	20
134	253	25,3	253	5,95	251	143	16	32,5	16	7,60	17
126	359	19,4	359	4,67	360	141	15	32,5	15	7,51	16
110	434	14,1	434	3,21	435	138	14	31,3	14	7,69	15
47,9	487	8,17	484	2,47	487	136	15	33,9	15	8,66	17
0,0	560	0,00	560	0,00	560	134	14	37,0	14	9,66	15

Tabell II.

J	T	R	T	F	F_1
41,8	18°	17,0	18°	11,9	9,1
73,1	19	21,9	19	23,8	18,9
100	17	26,7	17	35,7	29,0
121	18	29,2	18	47,6	39,5
150	18	33,3	18	66,4	56,4

Tabell III.

J	T	R	T	F	F_1
41,8	64°	16,7	65°	11,9	9,1
72,3	64	21,1	65	23,8	19,0
98,8	64	25,7	65	35,7	29,1
121	65	29,0	65	47,6	39,5
147	66	31,2	65	66,4	56,6

Tabell IV.

J	T	R	T	F	F_1
42,3	93°	16,9	94°	11,9	9,1
73,8	93	21,5	94	23,8	18,9
99,1	96	25,3	94	35,7	29,1
120	93	28,3	95	47,6	39,6
148	95	31,2	95	66,4	56,5

Tabell V.

J	T	R	T	F	F_1
42,3	156°	16,5	157°	11,9	9,1
73,6	156	20,7	157	23,8	18,9
98,3	157	24,8	157	35,7	29,1
119	160	26,9	162	47,6	39,6
145	161	29,1	162	66,4	56,7

Tabell VI.

J	T	R	T	F	F_1
42,3	257°	14,4	254°	11,9	9,1
76,3	251	20,3	251	23,8	18,7
99,1	250	22,3	253	35,7	29,1
117	254	23,7	252	47,6	39,8
142	254	25,3	254	66,4	56,9

Tabell VII.

J	T	R	T	F	F_1
41,0	359°	11,9	359°	11,9	9,2
71,5	360	15,4	363	23,8	19,0
95,4	360	17,3	363	35,7	29,3
112	360	18,3	363	47,6	40,1
132	359	19,4	359	66,4	57,6

Tabell VIII.

J	T	R	T	F	F_1
40,0	439°	9,35	435°	11,9	9,2
65,9	438	11,1	438	23,8	19,4
83,1	438	11,7	437	35,7	30,1
96,3	435	12,5	435	47,6	41,2
111	438	13,4	435	66,4	59,0

Tabell IX.

J	T	R	T	F	F_1
20,7	484°	4,48	486°	11,9	10,5
36,9	484	5,27	482	23,8	21,3
44,1	487	4,72	484	35,7	32,8
56,2	487	5,53	483	47,6	43,8
63,4	488	5,66	487	66,4	62,2

Magnetit N:o 2 Dannemora.

Finkornig (spegelmalm). Järnhalt = 69,3 %. Längd = 4,65 cm. Tvärsnitt = 0,0375 cm². Dimensionsförhållande = 21,3. N = 0,0695. V = 0,1744 cm³. Specifik vikt = 5,083.

Tabell X.

$F_1 = 46{,}7$.

J	T	R	T	C	T	J'	T	R'	T	C'	T
186	14°	75,5	14°	10,8	16°	186	14°	75,5	14°	10,8	16°
183	57	74,6	56	10,6	57	186	15	75,7	15	10,8	17
183	89	73,3	89	10,4	89	186	15	75,3	15	10,7	16
178	154	69,4	154	9,85	153	186	14	76,5	14	10,7	15
173	250	62,7	250	8,84	244	184	14	73,8	14	10,7	14
157	354	48,2	352	6,46	354	181	14	71,3	14	10,5	15
129	435	34,3	437	3,66	434	180	16	70,8	16	10,9	16
80,1	485	22,0	485	—	—	179	16	70,4	16	10,8	16
0,0	562	0,0	562	0,00	562	178	15	70,2	15	10,6	15

Tabell XI.

J	T	R	T	F	F_1
61,1	16°	35,3	16°	11,9	7,7
104	15	49,1	15	23,8	16,6
139	15	61,8	15	35,7	26,1
165	15	70,4	15	47,6	36,1
195	16	77,7	16	66,4	52,8

Tabell XII.

J	T	R	T	F	F_1
61,6	57°	36,5	57°	11,9	7,6
105	57	49,8	57	23,8	16,5
139	58	62,5	58	35,7	26,0
164	57	69,4	57	47,6	36,2
192	57	76,3	57	66,4	53,1

Tabell XIII.

J	T	R	T	F	F_1
61,5	89°	34,7	89°	11,9	7,6
104	89	48,6	89	23,8	16,6
137	90	62,5	90	35,7	26,2
161	89	67,3	89	47,6	36,4
190	89	74,6	89	66,4	53,2

Tabell XIV.

J	T	R	T	F	F_1
61,7	154°	32,9	154°	11,9	7,6
106	154	49,2	154	23,8	16,4
137	154	59,3	154	35,7	26,2
161	154	66,2	154	47,6	36,4
187	154	70,7	154	66,4	53,4

Tabell XV.

J	T	R	T	F	F_1
62,1	251°	31,5	251°	11,9	7,6
108	250	47,9	252	23,8	16,3
136	252	55,4	249	35,7	26,2
159	249	61,2	251	47,6	36,5
181	251	63,9	251	66,4	53,8

Tabell XVI.

J	T	R	T	F	F_1
60,6	353°	26,2	353°	11,9	7,7
97,4	354	37,7	354	23,8	17,0
124	354	42,9	354	35,7	27,1
142	354	45,2	354	47,6	37,8
160	354	45,2	354	66,4	55,3

Tabell XVII.

J	T	R	T	F	F_1
57,7	437°	19,9	434°	11,9	7,9
84,8	438	23,2	438	23,8	17,9
103	435	24,6	436	35,7	28,6
112	436	25,2	434	47,6	39,8
135	436	27,1	437	66,4	57,0

Magnetit N:o 3 Dannemora.

Tät. Järnhalt = 64,5 %. Längd = 4,64 cm. Tvärsnitt = 0,0351 cm². Dimensionsförhållande = 21,9. N = 0,0665. V = 0,1628 cm³. Specifik vikt = 4,966.

Tabell XVIII.

F_1 = 49,6.

J	T	R	T	C	T	J'	T	R'	T	C'	T
151	17°	67,9	17°	13,9	17°	151	17°	67,9	17°	13,9	17°
149	89	66,0	88	13,7	88	151	17	67,7	17	13,9	18
145	158	62,2	158	12,9	158	150	16	67,9	16	13,9	16
141	253	58,3	253	11,7	253	151	15	69,0	15	14,0	17
136	349	51,5	349	10,0	349	154	15	71,1	15	14,1	16
127	436	44,2	437	8,20	437	156	13	72,7	13	14,1	15
104	501	29,5	501	5,04	500	157	15	74,2	15	14,2	16
0	560	0,0	560	0,00	560	154	16	72,7	16	14,2	17

Magnetit Gellivara.

Mycket grofkornig. Järnhalt = 66,7 %. Längd = 4,65 cm. Tvärsnitt = 0,0371 cm². Dimensionsförhållande = 21,4. N = 0,0695. V = 0,1725 cm³. Specifik vikt = 5,134.

Tabell XIX.

F_1 = 54,1.

J	T	R	T	C	T	J'	T	R'	T	C'	T
78,8	15°	38,1	15°	20,2	15°	78,8	15°	38,1	15°	20,2	15°
77,4	55	37,6	56	20,6	55	78,8	16	38,1	16	20,2	17
77,4	91	37,0	91	20,2	92	78,5	16	38,0	16	20,2	17
78,2	157	36,7	157	19,7	157	79,6	17	38,4	17	20,2	18
79,3	251	35,2	250	17,4	251	80,9	16	39,8	16	20,4	17
76,9	348	29,9	348	14,0	347	81,8	17	40,9	17	20,7	17
68,8	436	21,3	437	8,89	436	83,6	16	42,9	16	20,6	17
42,4	488	7,65	485	4,53	484	84,6	16	42,5	16	20,2	16
0,0	565	0,00	565	0,00	565	81,5	17	39,9	17	19,6	18

Tabell XX.

J	T	R	T	F	F_1
25,0	16°	17,9	16°	11,9	10,2
33,5	16	18,1	16	23,8	21,5
47,2	16	23,1	16	35,7	32,4
63,8	15	31,8	15	47,6	43,2
86,5	16	40,9	16	66,4	60,4

Tabell XXI.

J	T	R	T	F	F_1
24,2	55°	17,9	56°	11,9	10,2
34,8	55	19,5	55	23,8	21,4
47,5	56	23,0	56	35,7	32,4
62,6	55	31,1	55	47,6	43,2
85,2	55	40,9	56	66,4	60,5

Tabell XXII.

J	T	R	T	F	F_1
25,0	91°	18,1	91°	11,9	10,2
34,4	91	19,1	91	23,8	21,4
47,2	92	22,8	92	35,7	32,4
63,4	91	30,5	91	47,6	43,2
84,3	91	40,6	91	66,4	60,5

Tabell XXIII.

J	T	R	T	F	F_1
26,3	157°	18,4	157°	11,9	10,1
35,3	157	18,8	157	23,8	21,3
49,1	156	24,0	156	35,7	32,3
65,1	157	30,9	156	47,6	43,1
85,6	156	39,9	157	66,4	60,5

Tabell XXIV.

J	T	R	T	F	F_1
26,2	251°	17,6	251°	11,9	10,1
36,4	250	17,9	250	23,8	21,3
52,3	252	23,9	251	35,7	32,1
66,6	253	30,0	251	47,6	43,0
85,5	251	38,0	250	66,4	60,5

Tabell XXV.

J	T	R	T	F	F_1
27,0	346°	16,7	348°	11,9	10,0
36,2	349	16,6	349	23,8	21,3
54,0	349	23,7	348	35,7	31,9
66,0	348	26,9	348	47,6	43,0
81,6	348	30,7	349	66,4	60,7

Tabell *XXVI*.

J	T	R	T	F	F_1
22,8	439°	12,4	437°	11,9	10,3
37,4	437	13,0	437	23,8	21,2
50,8	437	17,6	437	35,7	32,2
60,3	435	—	—	47,6	43,4
71,7	435	—	—	66,4	61,4

Tabell *XXVII*.

J	T	R	T	F	F_1
20,2	483°	5,87	484°	11,9	10,5
33,8	485	8,29	485	23,8	21,5
35,7	485	8,29	484	35,7	33,2
43,0	485	9,69	483	47,6	44,6
45,2	485	10,1	485	66,4	63,3

Magnetit Grängesberg.

Finkornig. Järnhalt = 70,6 %. Längd = 4,26 cm. Tvärsnitt = 0,0483 cm². Dimensionsförhållande = 17,2. N = 0,0985. V = 0,2059 cm³. Specifik vikt = 5,000.

Tabell *XXVIII*.

F_1 = 42,3.

J	T	R	T	C	T	J'	T	R'	T	C'	T
173	17°	32,9	17°	5,45	16°	173	17°	32,9	17°	5,45	16°
175	61	33,0	61	5,18	61	174	17	33,6	17	5,45	18
175	91	31,7	91	4,95	100	174	16	34,4	16	5,45	17
174	137	30,1	141	4,63	137	174	17	33,7	17	5,45	17
171	218	27,0	219	4,21	220	175	16	33,9	16	5,50	17
165	305	24,1	305	3,89	304	174	15	33,8	15	5,50	16
153	399	19,8	399	3,07	399	174	16	33,8	16	5,50	17
126	486	12,8	485	2,24	487	173	14	34,5	15	5,54	14
0	565	0,0	565	0,00	565	173	15	36,7	15	5,91	15

Magnetit N:o 2 Norberg.

Finkornig. Järnhalt = 52,6 %. Längd = 4,24 cm. Tvärsnitt = 0,0468 cm². Dimensionsförhållande = 17,3. $N = 0{,}0969$. $V = 0{,}1984$ cm³. Specifik vikt = 4,270.

Tabell XXIX.

$F_1 = 54{,}9$.

J	T	R	T	C	T	J'	T	R'	T	C'	T
49,5	15°	16,1	15°	9,21	17°	49,5	15°	16,1	15°	9,21	17°
49,6	61	16,8	61	9,25	63	49,1	15	16,1	15	9,25	15
49,1	91	16,3	91	9,25	91	49,6	14	16,1	14	9,25	15
48,7	140	14,9	140	8,29	140	49,3	18	15,9	18	9,25	18
45,6	225	12,9	225	7,79	227	48,9	16	16,0	16	9,62	17
43,7	311	11,6	310	7,10	312	45,0	15	14,2	15	10,1	17
38,3	405	9,22	404	6,41	400	41,2	16	13,3	16	10,6	17
27,9	490	5,45	491	4,58	489	36,7	16	11,3	16	10,9	16
0,0	560	0,00	560	0,00	560	48,8	17	18,4	17	12,4	18

Magnetit N:o 1 Norberg.

Finkornig. Järnhalt = 49,4 %. Längd = 3,85 cm. Tvärsnitt = 0,0406 cm². Dimensionsförhållande = 16,9. $N = 0{,}100$. $V = 0{,}1562$ cm³. Specifik vikt = 4,274.

Tabell XXX.

$F = 59{,}5$.

J	T	R	T	J'	T	R'	T
57,4	15°	20,9	15°	57,4	15°	20,9	15°
58,4	44	20,2	44	57,4	17	20,9	17
58,5	60	19,8	60	57,3	16	20,8	16
58,4	95	18,0	94	57,4	16	20,8	16
58,3	117	16,0	119	57,4	17	20,8	17
57,8	144	15,0	141	57,4	17	20,6	17
57,1	170	14,7	171	57,4	17	20,6	17
56,4	192	13,7	192	57,4	16	20,6	16
54,9	215	12,2	215	56,8	16	20,2	16
53,9	236	11,9	231	56,8	16	20,1	17
52,6	264	10,6	264	56,6	17	20,1	17
50,1	294	9,47	295	54,3	16	19,1	17
48,4	329	8,63	329	53,2	16	18,7	16
45,5	367	7,64	367	51,3	15	18,2	15
44,0	407	7,07	408	50,1	14	17,5	14
41,9	434	6,65	434	49,2	18	17,5	17
35,6	487	4,67	488	47,1	21	16,5	21
24,5	516	—	—	48,5	17	17,3	17
0,0	560	0,00	560	54,5	18	19,5	18

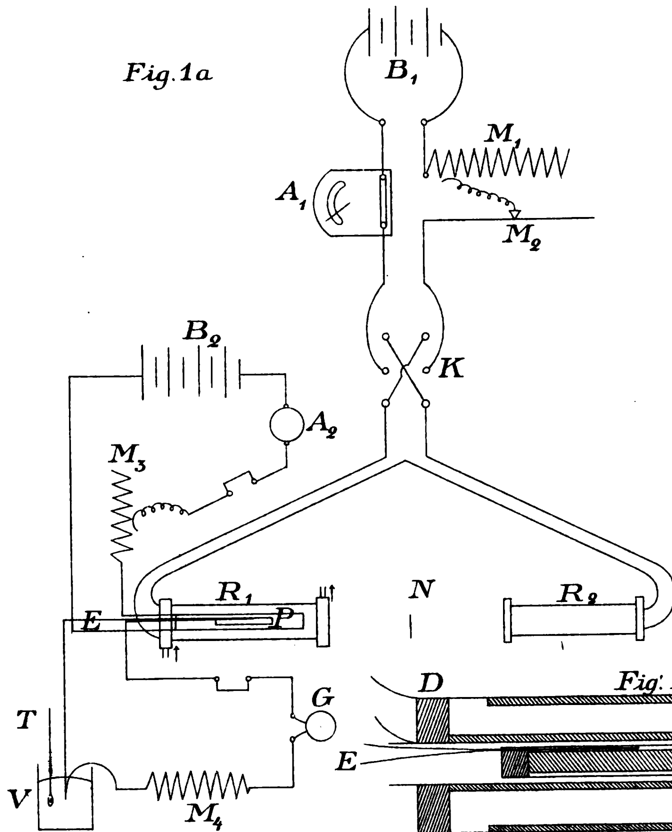


Fig. 1a

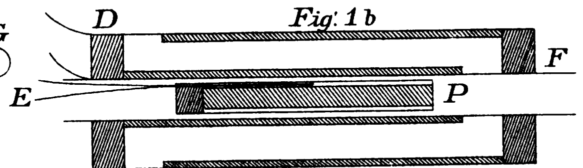


Fig. 1b

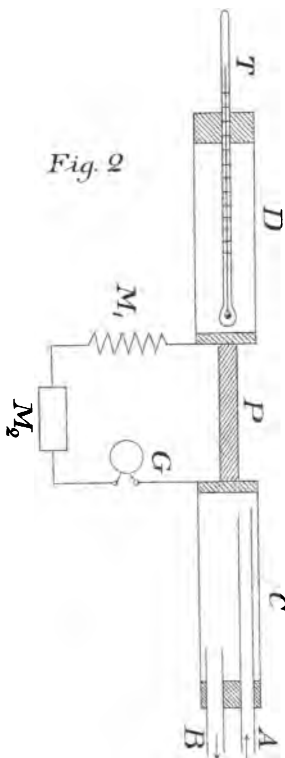


Fig. 2

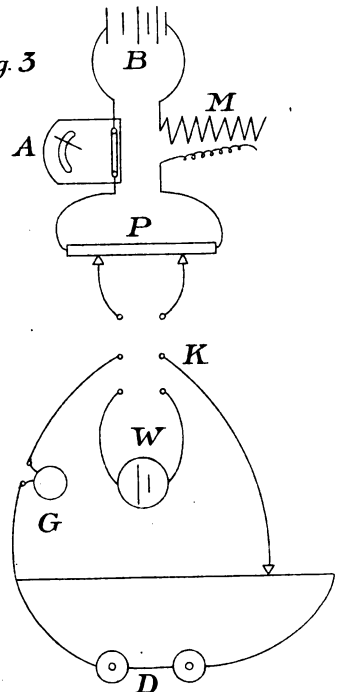
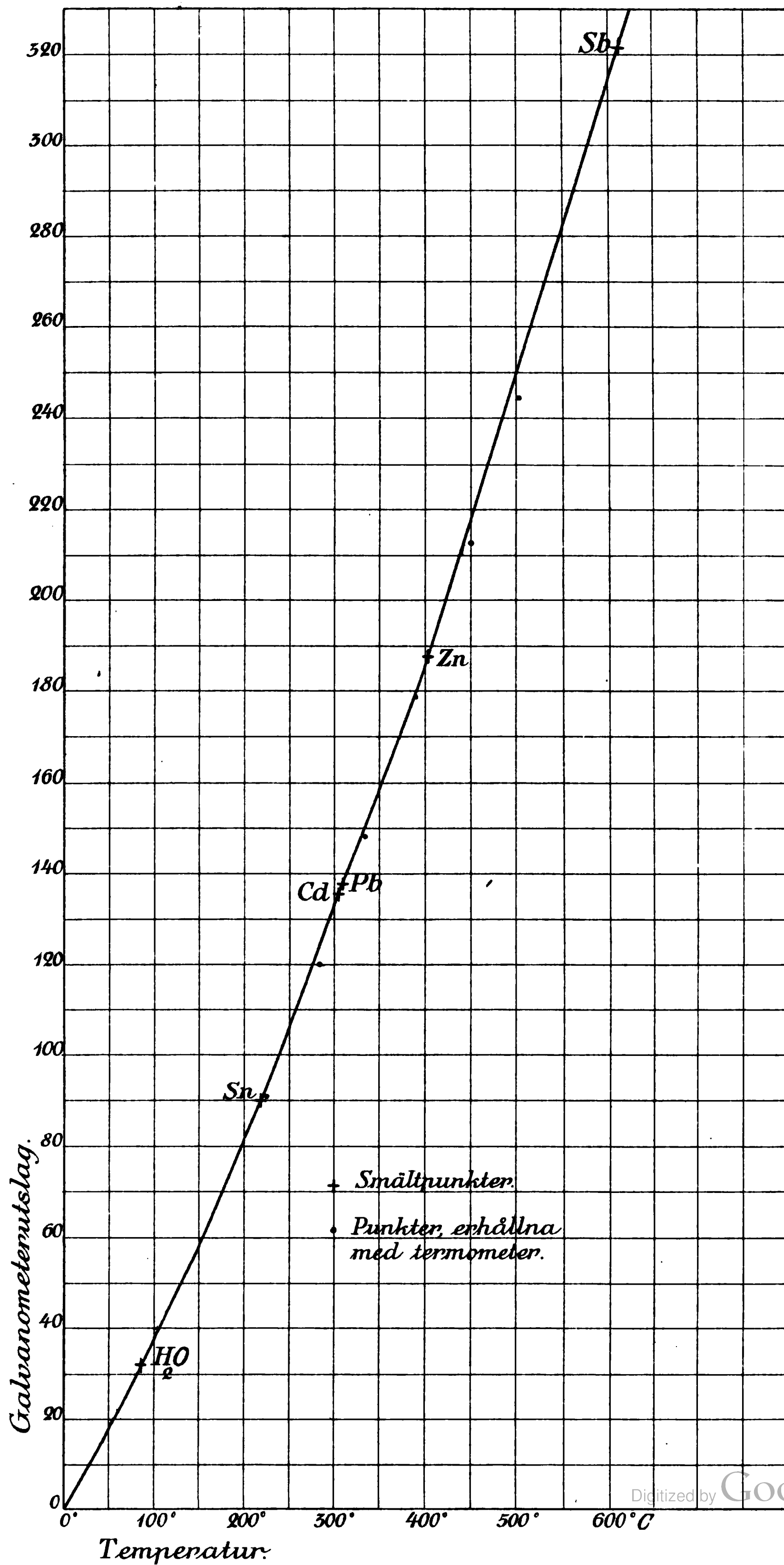
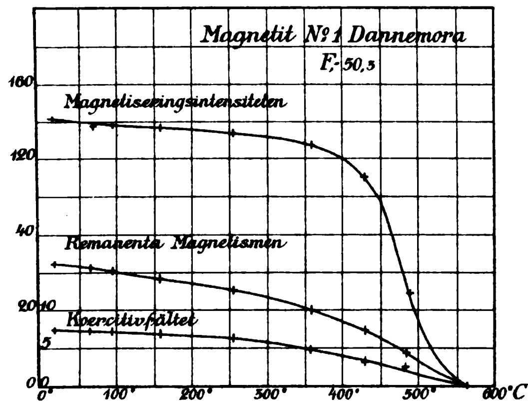


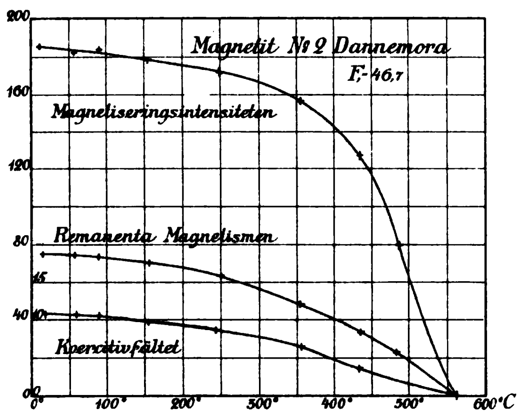
Fig. 3

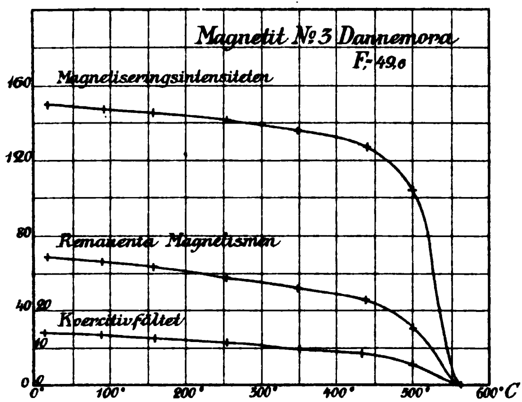


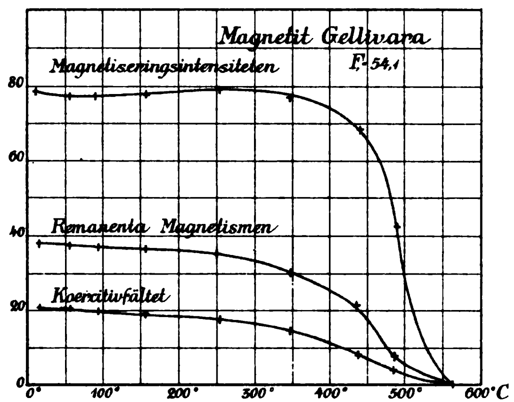


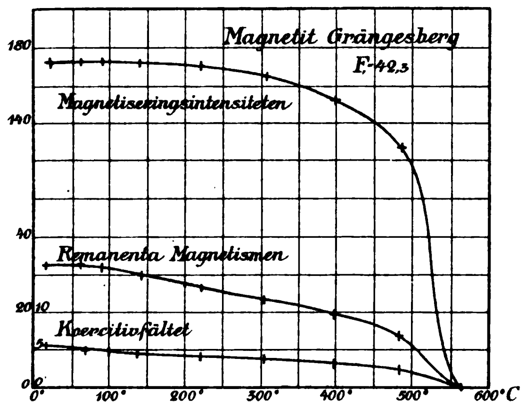
Galvanometerutslag.
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600° C
Temperatur.
H_2O
Sn
Cd
Pb
Zn
Sb
Smältpunkter.
Punkter, erhållna med termometer.

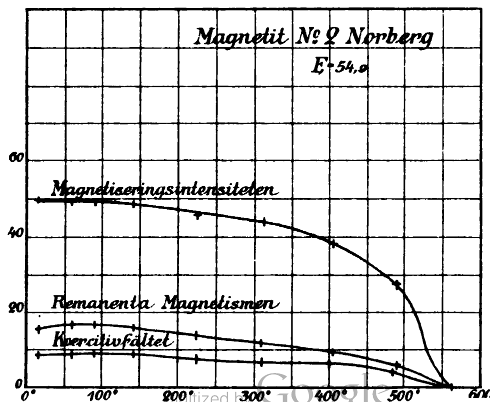

Magnetit № 1 Dannemora
F - 50,3
Magnetiseringsintensiteten
Remanenta Magnetismen
Koercitivfältet
160
120
40
20
10
5
0
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C


Magnetit № 2 Dannemora
F - 46,7
Magnetiseringsintensiteten
Remanenta Magnetismen
Koercitivfältet
200
160
120
80
15
40
10
0
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C

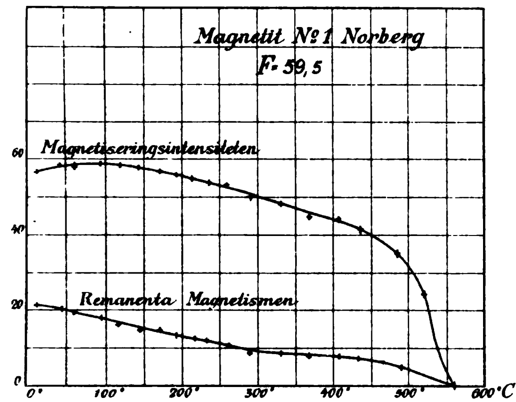

Magnetit № 3 Dannemora
F - 49,6
Magnetiseringsintensiteten
Remanenta Magnetismen
Koercitivfältet
160
120
80
40
20
10
0
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C

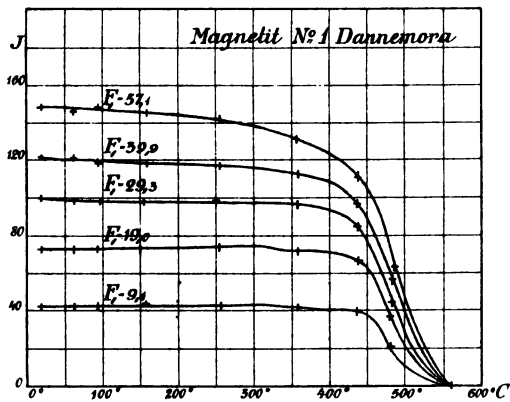

Magnetit Gellivara
F - 54,1
Magnetiseringsintensiteten
Remanenta Magnetismen
Koercitivfältet
80
60
40
20
0
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C

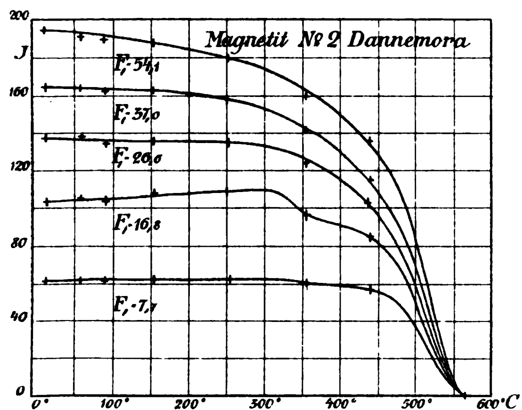

Magnetit Grängesberg
F - 42,3
Magnetiseringsintensiteten
Remanenta Magnetismen
Koercitivfältet
180
140
40
20
10
5
0
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C

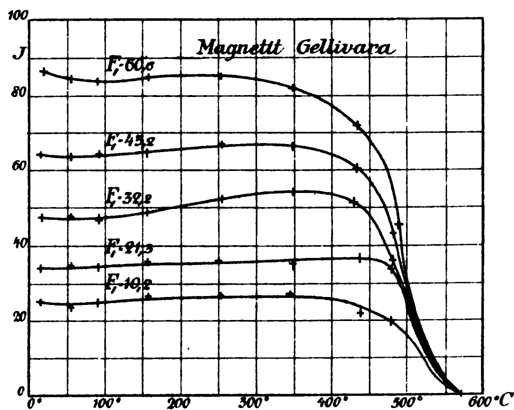

Magnetit № 2 Norberg
F - 54,9
Magnetiseringsintensiteten
Remanenta Magnetismen
Koercitivfältet
60
40
20
0
0°
100°
200°
300°
400°
500°

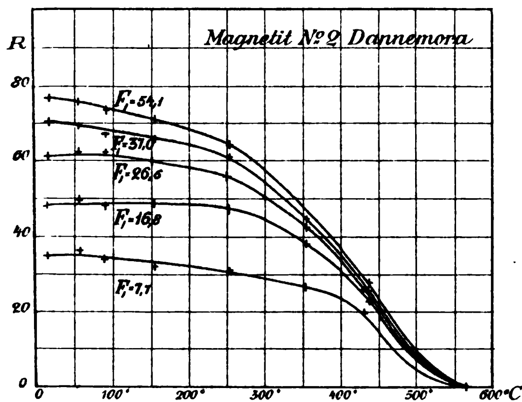


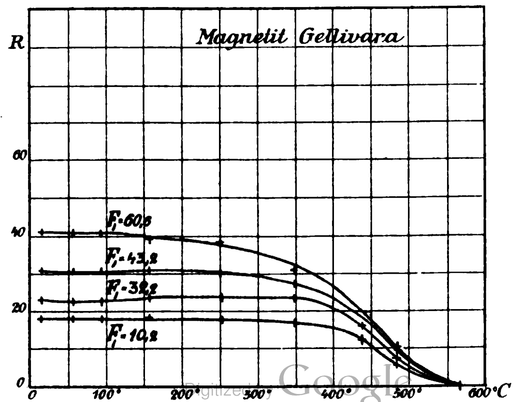

Magnetit № 1 Norberg
F = 59,5
Magnetiseringsintensiteten
Remanenta Magnetismen
0
20
40
60
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C


Magnetit № 1 Dannemora
J
160
120
80
40
0
F1-57,1
F1-39,9
F1-29,3
F1-19,0
F1-9,4
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C


Magnetit № 2 Dannemora
J
200
160
120
80
40
0
F1-54,1
F1-37,0
F1-26,6
F1-16,8
F1-7,7
0°
100°
200°
300°
400°
500°
600°C


Magnetit Gellivara
J
100
80
60
40
20
0
F1-60,6
F1-43,2
F1-32,2
F1-21,3
F1-10,2
0°
100°
200
300°
400°
500°
600°C


Magnetit № 2 Dannemora
R
80
60
40
20
0
F1-54,1
F1-37,0
F1-26,6
F1-16,8
F1-7,7
0
100°
200°
300°
400°
500°
600°C


Magnetit Gellivara
R
60
40
20
0
F1-60,6
F1-43,2
F1-32,2
F1-10,2
0
100°
200°
300°
400°
500°
600°C


LIBRAR
OF TH
UNIVERS
OF
CALIFORNI


LIBRA
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA